



كلية الفنون الجميلة
قسم النحت

الإمكانيات التشكيلية لخامة الأكريليك في فن النحت

Plastic Possibilities of Acrylic in Sculpture

رسالة
مقدمة من

رحاب عصام خليل

معيدة بكلية الفنون الجميلة - قسم النحت - جامعة الإسكندرية

للحصول على درجة الماجستير من قسم النحت
بكلية الفنون الجميلة
جامعة الإسكندرية

إشـــــراف

الأستاذ الدكتور/ طارق رجب زبادى
رئيس قسم النحت
بكلية الفنون الجميلة
جامعة الإسكندرية

الأستاذ الدكتور/ جابر عبدالمنعم حجازى
أستاذ متفرغ بقسم النحت
بكلية الفنون الجميلة
جامعة الإسكندرية

الأستاذ الدكتور/ شريف حسين قنديل
الأستاذ بمعهد الدراسات العليا والبحوث
بجامعة الإسكندرية

٢٠٠٢

بسم الله الرحمن الرحيم

"وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون"



إشــادة

الحمد لله الذى هدانا لهذا وما كنا لنهتدى لولا أن هدانا الله

والصلاة والسلام على خاتم المرسلين ورحمة الله للعالمين النبى الأمى الأمين ، اللهم لا علـم لنا إلا ما علمتنا يا عليم بك نستعين وعليك نتوكل وبعد،

أخص بالشكر ***الأستاذ الدكتور/ طارق رجب زبادى*** – أستاذ النحت ورئيـس قسـم النحت بكلية الفنون الجميلة – جامعة الإسكندرية و ***الأستاذ الدكتور/ جابر حجازى*** أسـتاذ النحت بقسم النحت بكلية الفنون الجميلة – جامعة الإسكندرية و ***الأستاذ الدكتور/ شريف قنديل*** الأستاذ بمعهد الدراسات العليا والبحوث لما قدموه من جهد وعون صادق فى جميع مراحـل إعداد البحث منذ بدء اختيار موضوع البحث والمساعدات الصادقة حرصا على إتمـام هـذا البحث وإخراجه فى صورة مشرفة.

وتنتهز الباحثة فرصة الانتهاء من هذه الدراسة لتتقدم بخالص الشكر وأسمى معـانى التقدير والعرفان ***للأستاذ الدكتور/ عبد المنعم محمد محمد*** أستاذ النحت ورئيـس قسـم النحت بكلية الفنون الجميلة – جامعة القاهرة ***والأستاذ الدكتور/ سمير شوشـان*** أسـتاذ النحت بقسم النحت بكلية الفنون الجميلة – جامعة الإسكندرية للجهد الموفور والعون الصـادق والتسهيلات التى قدموه خلال مناقشة الرسالة.

الباحثة

إهــــداء

أهدى ثمـرة عملـى وجـهدى إلـى مـن قدمـا لـى الحـب والرعايـة أدعـو لـهما بطـول العمـر...أبـى الغالى وأمى الحنون اللذان كانا نوراً لى فى طريقى.

فهرس المحتويات

تابع فهرس المحتويات

تابع فهرس المحتويات

فهرس الأشكال

تابع فهرس الأشكال

تابع فهرس الأشكال

مقدمة

يعد فن النحت من الفنون التشكيلية التي تعني إلى حـد كبـير بخصـائص المـواد وإمكانياتها الطبيعية التي تساعد الفنان على تحقيق غايته التعبيرية المختلفة.

وتشتمل المواد الخام النحتية الشائعة على تلك المواد العضوية وغير العضوية، أنـواع متعددة من الخشب والحجر وتستخدم كما هي في حالاتها الطبيعية، وكذلك المـواد التخليقيـة الصناعية. وهناك مواد أخرى تم معالجتها إلى حد بعيد أو قريب مثل النحاس الأصفر الـذي يستخلص من خام النحاس عبر عملية تسخين عالية. وهناك مواد يتم دمجها بـأخرى أثنـاء عملية معالجتها، وذلك لإنتاج مواد جديدة بخصائص فريدة مثل البرونز وهو خليط من النحاس والقصدير.

وكثير من المواد تعتبر تخليقية أو مركبة من عناصر طبيعية وكيميائية، ومـن هـذه المواد البلاستيك. وتعتمد الخصائص الطبيعية (الفيزيائية) للمادة على التكوين الأساسي لها من حيث ميزان الذرات والجزيئات. وتشتمل على سمات مثل القوة والصلابة وقابليـة التشـكيل والمرونة. وقد تتشابه المواد فيما يخص هذه الصفات، أو قد تختلف من حيث التركيب الداخلي بشكل منظم أو عشوائي.

وتؤثر هذه المواد بشكل مباشر على مدى مناسبة المادة للنحت والتشكيل. ومن منظور بنائي يمكن تقسيم خصائص المادة إلي خصائص ميكانيكية تنبع من التكوين الداخلي للمـادة. وتعد القوة (بمعنى قدرة المادة على تحمل الضغط الداخلي) من الخصـائص الأوليـة، ومـن الخصائص المرتبطة بالأداء الميكانيكي للمادة الهشاشة والليونة والقابليـة التشـكيل. وهنـاك خواص أخرى تتعلق بتداخل المادة مع الضوء ومنظرها العام مثـل الشـفافية والانعكاسـية، وهناك خصائص مرتبطة بأداء المادة عبر الزمن، فهناك مواد مثل الخرسانة تكتسـب القـوة بمرور الزمن، وبعض المواد قد يتغير لونها السطحي مثل النحاس عندما تتكون عليه المـادة الخضراء. وبعض المواد قد تتغير بشكل غير مرغوب فيه مثل الحجر الرملـي الـذي يفقـد ملامحه نتيجة للتآكل بواسطة الرياح أو المطر. وهناك بعض أنواع من البلاستيك يتغير لونـها بفعل الزمن تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية.

ولذلك درج الكثير من النحاتين عبر العصور على الاهتمام بالخصـــائص الطبيعيـة المميزة للخامات لما تسهم به هذه الخصائص من تحقيق غاياتهم في العمـل التشـكيلي كمـا أنصب اهتمام الفنان بالبحث عن مواد جديدة ذات خواص مختلفة عما كان مألوفا من قبل فـي المواد التقليدية.

ويعد البلاستيك أحد المواد الجديدة التي جذبت اهتمام النحاتين - حيث فتح البلاسـتيك سواء منه ما يعاد تشكيله بالحرارة أو ما يثبت بالحرارة - مجالاً جديداً أمام النحاتين، فتعـامل النحات مع خامة البلاستيك يختلف عن تعامله في نحته للمواد الأخرى، حيـث أنـها تـبرز الإحساس الفني وتضاعفه عن طريق المؤثرات الضوئية.

ويعد الأكريليك، أحد خامات البلاسـتيك التـي يمكـن إعـادة تشـكيلها بـالحرارة (الثرموبلاستيك thermoplastic) ، ولعل أكثر مواد الأكريليك انتشاراً هـي مـادة اسـمها العلمي "بولي ميثيل ميثاكريلات" ولها أسماء تجاريـة أخـرى وهـي: البلكسـي جـلاس - البرسبكس- ألألتوجلاس، وهي خامة ذات خصائص تجعلها صالحة للتعبير الفراغي بوسـائل تختلف عن باقي المواد الأخرى: فهي عالية الشفافية بل تعتبر واحدة من أكثر اللدائن تحقيقـا لعنصر الشفافية ولها نفاذية عالية للضوء لدرجة تفوق الزجاج في بعض الأحيان، كما تتمـيز بقدرتها على استقطاب الضوء، ومن ثم فإن الفنان يستطيع أن يستخدم الضوء النافذ خلال هذه المادة كعنصر تشكيلي يحقق إمكانيات تشكيلية جديدة تضيف أبعاداً أخرى للتعبير الفراغـي، وبذلك يمكن أن يدخل الضوء الملون كعنصر متحرك في العمل النحتي من خلال التحكم فـي مساراته ودرجاته وإيقاعاته.

ومن المعروف أن استخدامات هذه الخامة نحتيا قد بدأت في أواخر القرن العشـرين، فكان أول من استخدم التشكيل الحراري لألواح الأكريليك في عمل مجسمات شـفافة نـاعوم جابو وموهولي ناجي، وهما من رواد المدرسة التركيبية ومهدا لظهور النحت الشفاف، فنـاعوم جابو مثال روسي بدأ تجاربه على الخامات التخليقية وخاصة خامة الأكريليك فاستفاد منها بعد دراسته لطبيعة هذه الخامة ومدي علاقتها في الفراغ واعتمد في تشكيلاته على إنشاء تكوينات في الفضاء مكونه خطوط متناغمة باستخدام خيوط النيلون.

أما ناجي فكان هو الفنان الذي أضاف إلي تقنية إبداع الحركة في العمل النحتي كيفية إدارة الضوء واللون والتحكم فيهما.

ولقد أدى استخدام الفنانين لهذه الخامة بإمكانياتها وخواصها المتعلقة بالشفافية وتداخلها مع الضوء إلي تحقيق قيم نحتية جديدة.

هدف البحث

يهدف هذا البحث إلي التعرف على إمكانيات خامة الأكريليك وإخضاعها للمتطلبات التشكيلية بما يجعلها في متناول الفنان التشكيلي، وذلك من خلال وضع أسس تجريبية لاكتشاف قابليات هذه الخامة من الناحية الفيزيائية والكيميائية، التي يمكن استغلالها في التشكيل المجسم وخصوصاً في مجال استخدام الوسائط الضوئية المتعلقة باللون والحركة للضوء في الفراغ فى مصر.

فروض البحث

١-يفترض البحث التوصل إلي تقنيات جديدة تتعلق بالتطبيقات اليدوية والآلية لخامة الأكريليك.

٢-يفترض البحث إمكانية وضع أسس علمية للتجريب في مجال استخدام هذه الخامة تشكيلياً وإمكانية تأثيرها على المستوي الأكاديمي والبيئة المحيطة من الناحية الجمالية.

حدود البحث

يقتصر البحث على التجريب في مجال دراسة التقنيات اليدوية والآلية المتعلقة بالتشكيل النحتي في خامة الأكريليك.

منهج البحث

تجريبي - تحليلي.

الباب الأول

خامة الأكريليك

- مقدمة عامة عن البلاستيك
- الفصل الأول: مدخل إلى خامة الأكريليك
- الفصل الثاني: الخواص الكيميائية والبنائية لخامة الأكريليك
- الفصل الثالث:الخواص الفيزيائية لخامة الأكريليك

مقدمة عامة عن البلاستيك

ارتبطت الحضارة عبر العصور بالمواد السائدة والمستخدمة بها. ففي العصر الحجري استخدم الإنسان أدواته وأسلحته المصنوعة من الحجارة، وفي العصر البرونزي خلط الإنسان المعادن ليصنع سبيكة البرونز التي استخدمها في حياته، وحين سيطر الإنسان على استخدام الحرارة واستخلص الحديد من خاماته صنع الأدوات الحديدية فدخل بذلك عصر الحديد.

ونحن اليوم في عصر مواد البلاستيك التي تسيطر على أدواتنا، وملبسنا، ومسكننا، وكافة نواحي الحياة من حولنا ــ فلقد تزايد إنتاج البلاستيك حتى فاق إنتاج الحديد في الحقبة الأخيرة من القرن الماضي، ويصل الإنتاج العالمي للبلاستيك اليوم إلى ما يقرب من ٢٠٠ مليون طن سنوياً.

وعلى الرغم من أن كلمة بلاستيك ــ تصف حالة أكثر من وصفها لمركب بذاته ــ فهي مصطلح يصف كل شيء يمكن أن يتشكل بالضغط والحرارة دون أن يفقد ترابطه، ويستطيع أن يحتفظ بالشكل الجديد الذي اكتسبه ــ إلا أن هذا اللفظ أصبح مقصورا على تلك الأسرة من المركبات الكيماوية والعضوية ذات الأساس الكربوني في أغلب الأحوال. ولقد اشتق اللفظ من كلمة البلاستيسين التي تطلق على نوع من الصلصال ــ أقرب ما يكون إلى العجين شبها، ولكن سرعان ما أصبح الأسم مصدرا لمفهوم جديد لصناعة تحتل من الاهتمام العالمي مركزا وطيدا (١)

ماهية البلاستيك:

البلاستيك هو الاسم المعروف للمركبات الكيميائية ذات الاسم العلمي "بوليمرات Polymers" والكلمة مشتقة من أصل لاتيني ذي مقطعين : "بولي Poly" وتعني عديد و"مر mer" وتعني وحدة، والمقطعان معا يكونان كلمة تعني الوحدات العديدة، وترتبط الوحدات مع بعضها بعضا بروابط مختلفة، فتتشابك في سلسلة متصلة طويلة وكأنها حبات في عقد، ولذلك تسمى البوليمرات أحيانا بالجزيئات الكبيرة macromolecules أو الجزيئات العملاقة giant molecules.

وعادة ما تسمى البوليمرات باسم الوحدة الكيميائية الأساسية (مونمر) مسبوقا بكلمة بولي، فإذا كانت الوحدة الأساسية للبلاستيك هي الأثيلين، واشتبكت وحدات الإثيلين مع بعضها البعض فإنها تكون مادة "البولي إثيلين" ذات الخصائص المميزة.

ومن المثير أن خواص البلاستيك تتباين تبعا لاختلاف الوحدة الكيميائية التركيبية الأساسية، وكذلك على تراص هذه السلاسل وتوزيعها الفراغي، ولذلك فإننا نحصل من مواد البلاستيك على خصائص متباينة واستخدامات متنوعة.

تقسيم البلاستيك:

ويمكن تقسيم المواد البلاستيكية بشكل عام طبقا لخواصها الحرارية إلى فصيلتين: الأولى؛ ويطلق عليها البلاستيك المتلين بالحرارة thermoplastic "كالأكريليك والستيرين والسليلويد" والثانية ويطلق عليها البلاستيك المتجمد (الثابت) بالحرارة thermoset مثل البكاليت والميلامين واليوريا فورمالدهيد. فالمواد البلاستيكية تحوي ـ كما أشرنا من قبل ـ جزيئات عملاقة بها عناصر الكربون والأكسجين والهيدروجين والنيتروجين والكبريت مرتبطة فيما بينها بقوة تساهمية حيث تشارك الكتروناتها في تكوين روابط قوية، بينما تتشابك أجزاء ال 'سلة فيما بينها بقوى كهرواستاتيكية وقوى تجاذب ضعيفة تعرف بقوى " فان درفال" Van Dei ،Vaals.

وإذا أدى الضغط أو الشد أو الحرارة إلى تكسير قوى "فان درفال" Van Der Waals فإن الشكل يتغير، وعند انتهاء المؤثر فإن المركب يأخذ شكله الجديد ويثبت عليه حيث تتكون قوى فان درفال Van Der Waals ثانيا، كما يحدث عند شد شريط من السليلويد شدا عنيفا ولمدة طويلة. ويمكن أن تتكرر هذه العملية ثانيا بمؤثرات الضغط والحرارة ومن ثم فإننا نقول أن تلك المواد تتميز باللدانة، وتسمى المواد البلاستيكية في هذه المجموعة باسم "البلاستيك المتلين بالحرارة" ـ الثرموبلاستيك.

أما إذا أدى الضغط أو الشد أو الحرارة إلى استبدال قوى " فان درفال " Van Der Waals الضعيفة بروابط تساهمية قوية بين أجزاء السلسلة، فإن التغيير في شكل البلاستيك يظل ثابتا ولا يتأثر بالحرارة أو الضغط مرة أخرى حيث تتميز تلك المواد بالصلابة، كما هو الحال مع شرائح البكاليت مثلا. وهذه الخاصية ترجع إلى طبيعة الجزيئات العملاقة ثلاثية

الأبعاد المكونة من شبكة متداخلة من الذرات بالقوى التساهمية، وهي قوى كبيرة موجهة في الفراغ.

وتعرف مواد البلاستيك هذه باسم "البلاستيك المتجمد بالحرارة" ــ الثرموستتج ــ فإنها إذا ما سخنت لا تلين كما تفعل أفراد المجموعة السابقة وقد اكتسبت هذا الاسم من أنها تتصلب بالتسخين في أثناء صنعها ثم تحفظ بتلك الصلابة على الدوام.[١]

الفصل الأول

مدخل إلى خامة الأكريليك

يعد الأكريليك أحد فصائل خامات البلاستيك المتلين بالحرارة التي لـــها كثـير مـن خصائص الزجاج، وأغلب بلاستيك الأكريليك مكون من مادة البولى ميثيـل ميثـاكريلات ــ ورمزها الكيميائى كالتإلى :

$$\sim\left[\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ C = CH_2 \\ | \\ C = O \\ | \\ O \\ | \\ CH_3 \end{array}\right]\sim$$

وهو متواجد صناعيا ــ بفضل الإضافات الكيميائية ــ في نطاق متسع من الشـفافية والألوان المعتمة [٢]، ويعرف في إنجلترا باسم البرسبكس وفي أمريكا باسم لوسيت. والوحـدة الكيميائية الأساسية لهذا البلاستيك عبارة عن سائل له رائحة الفاكهة المميزة بالأسترات [٣].

وتوفر خامة الأكريليك خصائص متميزة لكثير من النحاتين وذلك لما لها من مزايـا فريدة: فينفذ منها نحو ٩٢% من جميع الأشعة المرئية من الضوء، وهي تصلح لعمل العدسات نظرا لتجانسها البصرى. ومن أهم استعمالاتها تلك التي تدخل في صناعة الأسنان والجراحات العامة، والمنشورات الزجاجية الشفافة، وعدسات الكاميرات، وزجاج الطـائرات، ولوحـات الإعلانات المضيئة، كذلك في نقل الإضاءة الطبيعية. نظرا لشفافيتها الضوئية حيث أن معامل إنكسارها يضاهي أنقى أنواع الزجاج[١].

ولكون المواد الأكريليكية هي مواد بلاستيك قابلة لإعادة التشـكيل الحـرارى، فـهي تكتسب حالة مطاطية عندما تتعرض للحرارة والتسخين، ويمكن عندئذ تطويعها لتكوين العديد من الأشكال عن طريق الضغط أو اللى أو عمل أشكال بالوصل أو اللحام [٢]. وتترك مـادة الأكريليك بعد تسخينها لتتصلب مرة أخرى دون أن تصيبها أي شروخ، كما يمكن تسـخينها مرات عديدة دون أن يصيبها أي تغيير.

والأكريليك مادة سهلة الخدش ولذلك فإنه من المهم الحفاظ على سطحها الخارجى، ويمكن إزالة الخدوش باستخدام عمليات الصقل المختلفة، وهي تتمتع بمقاومة عالية للعوامل الجوية حيث يمكن استخدمها في التطبيقات المعرضة مباشرة للهواء الجوي. ولهذه المادة أيضا خاصية مقاومة الصدمات حيث تصل مقاومتها إلى ٦ : ١٧ ضعفا مقارنة بمقاومة مادة الزجاج ـ وذلك حسب نوع الأكريليك المستخدم . وعلاوة على ذلك فإن مواد الأكريليك لها درجة ليونة تفوق المواد السليوليزية، كما إنها لا تتأثر بفعل الماء المغلي. ومادة الأكريليك أخف وزنا بكثير من الزجاج، ونجد أن سطحها أيضا أكثر نعومة. والأكريليك لها مقاومة عالية للقلويات والأحماض المخففة بالماء ومحاليل الأملاح المائية غير العضوية.

وتستخدم الأدوات اليدوية الخاصة بأعمال الخشب والمعادن عند التعامل مع مواد الأكريليك فهي مناسبة لإجراء كافة العمليات اللازمة لتشكيلها. ويتوفر راتنج الأكريليك في صورتين: الصورة السائلة (مونمر، مستحلب غليظ القوام)، والصورة الصلبة (مسحوق، خرز، كتل، أنابيب، قضبان، ألواح " ماعد الألواح الرقيقة ").

ويتطلب استخدام المونمر في أعمال النحت عناية شديدة ومعدات خاصة، ولذلك فإنه يفضل التعامل مع مادة الأكريليك في الصورة الصلبة، وعادة ما تتم معظم أعمال النحت باستخدام الألواح الصلبة والكتل والأنابيب والقضبان. " ويستخدم المسحوق لتشكيله بطريقة البثق " وهو يعرف بأسم الدياكون [٣] .

ويتراوح سمك ألواح الأكريليك المستخدمة فيما بين ١/١٦ إلى واحد بوصة (١،٦ ملليمتر إلى ٢،٥سم) بينما تتراوح أقطار الأنابيب والقضبان فيما بين ١/١٦ بوصة إلى ١٨ بوصة (١،٦ملليمتر : ٤٥،٧سم).

ويصنع نوعان من ألواح الأكريليك : إحداهما ذو نسبة انكماش عالية والآخر ذو نسبة انكماش منخفضة. والأكريليك ذو النسبة المنخفضة ينكمش نحو ٢,٢% في الطول، ويزيد نحو ٤% في السمك عند تسخينه، وهو أقل في التكلفة ويستخدم بكثرة في عمليات التشكيل الحراري.

الفصل الثاني
الخواص الكيميائية والبنائية
لخامة الأكريليك

بوليمرات الأكريليك :

والأكريليك الأساسى عبارة عن أسترات، تم الحصول عليها من خلال تفاعل مجموعة مختلفة من الكحولات مع حمض الأكريليك، وراتنجات الأكريليك هي بوليمرات من مشتقات حامض الأكريليك ($CH_2=CH-COOH$) وحامض الميثاأكريليك ($CH_3CH=CH-COOH$) وأهم راتنج هو البوليمر المتكون من مثيل أستر لهذه الأحماض، ويستخدم كذلك البيوتيل والأيزوبيوتين كأسترات ومشتقاتها مع الهالوجينات، والأميد، والنيتريل ومشتقات أخرى. ويعتبر بولى ميثيل ميثاكريلات من أصلب الأسترات في عائلة الميثاكريلات.

وراتنجات الميثاكريلات تتميز بشفافية واضحة، ونفاذية عالية للضوء، كثافة قليلة، لزوجة تامة، صلابة عالية جدا.[٤]

وبالرغم من أن كثير من هذه البوليمرات غير متوافقة مع بوليمرات أخرى من نفس المجموعة، فإن الوحدات الأساسية (المونمرات) يمكن مزجها بأي نسب ثم يتم بلمرتها، وبهذه الطريقة يمكن تحضير بوليمرات مختلفة من المثيل أكريليك ومشتقات أخرى من الأكريلات والميثاكريلات. [٣]

وفي بعض الأحيان يتم تعديل خواص الأكريليك باستخدام إضافات تشمل مواد ملدنة plasticizers، وبلاستيكات وراتنجات أخرى لإنتاج سبائك لها خواص محددة. ويتم التعديل الأساسي من خلال إضافات المطاط أو مادة بولى فينيل الكلوريد.

تحضير حامض الأكريليك:

يمكن تحضير حامض الأكريليك من الأسيتون بإضافة حمض الهيدروسيانيك ليتكون سيانوهيدرين الأسيتون، فإذا ما عومل بحمض الكبريتيك والكحول الميثيلى تحول في النهاية إلى ميثيل ميثاكريلات، ويمكن مضاعفة المركب الأخير لإنتاج أطوال مختلفة من السلاسل[١]. وتساعد الطاقة الضوئية والحرارية والأكسجين أو المواد المؤكسدة في حدوث عملية البلمرة لأسترات الأكريليك أو حمض الميثاكريليك.

وتكون بعض هذه البوليمرات الناتجة حامدة صلبة والأخرى لينة، وينتج عن زيـــادة الوزن الجزيئي للكحول المستخدم الإقلال من الصلابة وقوة الشد. وتتأثر الخواص الطبيعيـــة للبوليمر بالتركيب الكيميائي للمونمر ودرجة البلمرة. [٣]

تحضير حامض الميثاكريليك:

يحضر حامض الميثاكريليك بأكسدة الأيزو بيوتين بواسطة حامض النيـــتريك وثـــانى أكسيد النيتروجين، والحمض الناتج سائل عديم اللون ورائحته نفاذه ويغلي عند ١٦٠°م، وأهـم استرات هذا الحمض هي ميثاكريلات الميثيل وتحضر بأسترة الحامض بالكحول الميثيلى فـــي وجود حامض الكبريتيك المركز.

ويكون الأستر الناتج على هيئة سائل عديم اللون له رائحة مميزة ويغلى عـــن ١٠٠ درجة مئوية، ويضاف إليها قليل من الهيدروكينون كمانع للبلمرة الذاتية أثناء فترات التخزين.

$$
\begin{array}{c}
CH_3 \\
| \\
— CH_2 = C — \\
| \\
C = O \\
| \\
OCH_3
\end{array}
$$

مونمر ميثيل ميثاكريلات [٥]

الخواص البنائية والكيميائية

تعتبر الخواص البنائية والتركيب الكيميائي، من أهم العوامل التي تؤثر على سلوك مواد البلاستيك ـ خاصة المواد التابعة للتشكيل الحراري (الثرموبلاستيك). فنجد أن الخواص الطبيعية للبوليمر تتأثر بشكل السلاسل الجزيئية التي تتكون منها هذه المواد، والهيئة البلورية، ونوع الروابط بين الجزيئات، والتركيب الهندسى للجزيئات، ونسبة الرطوبة.

أولا : الخواص البنائية

١- الهيئة البلورية

هو أحد الخواص البنائية الهامة التي تؤثر على سلوك الثرموبلاستيك، ومن المستحيل للدائن أن تتبلور بصورة كاملة مثل المعادن. ويرجع هذا إلى صعوبة انتظام وضع كل جزئية من السلاسل في وضعية منتظمة، وعلى هذا فإن خاصة التبلور في اللدائن تنحصر في تجمعات من الجزيئات المتبلورة محاطة بتجمعات أخرى من المادة في صورتها غير المتبلوره amorphous .

ويعتمد التبلور على ترتيب الجزيئات في شكل متكرر وقوى الجذب بين الجزيئات. وقد يعوق ترتيب الجزيئات وجود مجموعات وظيفية كبيرة تمنع تقاربها من بعضها البعض أما إذا كان الجزيء المتكرر في البوليمر لا يحتوى على مجموعات جانبية (فرعية) كبيرة، فإن السلاسل تقترب من بعضها، وهذا يزيد من قوة الجذب بين الجزيئات، ويعضد من فرصة انتظام السلاسل في شكل متكرر فنجد أن البوليمرات ذات السلاسل الطولية Linear polymers يمكن أن تتبلور أكثر من البوليمرات ذات التكوين المتشعب branched polymers.

وتتراوح نسبة التبلور بين أنواع البلاستيك تبعا لإمكانية تراصها بانتظام، فقد تكون منخفضة جدا كما في البولي ستيرين أو متوسطة مثل البولى إثيلين وقد تصل إلى درجة تبلور عالية كما في رباعى فلورو الاثيلين (التيفلون) وأنواع من النيلون.

وترتفع درجة انصهار المواد البلورية، كما تزداد كثافتها كلما زادت درجة البلوريـــة، وكذلك تتحسن الخواص الميكانيكية للبوليمرات المتبلورة، ولكن تقل مقاومتها للصدمة وتقـــل درجة ذوبانها ويقل نقائها البصري.

جدول (١) يوضح التبلور والشفافية في البوليمرات المختلفة

البوليمر	التركيب البنائى	التبلور	الشفافية
بولى إثيلين	$-CH_2-CH_2-$	متوسط ــ عالي	معتم ماعدا الشرائح الرفيعة
بولى بروبلين	$-CH_2-CH(C_6H_5)-$	متوسط	غامق Cloudy
بولى ستيرين	$-CH_2-CH(CH_3)-$	قليل جدا	شفاف
بولى كربونات	$-C_6H_4-C(CH_3)_2-C_6H_4-O-C(=O)-$	قليل	شفاف
بولى مثيل الميثاكريلات	$-CH_2-C(CH_3)(C(=O)-O-CH_3)-$	قليل جدا	شفاف

(٦)

٢- امتصاص الرطوبة

يمكن أن ينقسم امتصاص البوليمرات للرطوبة إلـــى نوعيــن: امتصـــاص جزيئـــى molecular وامتصاص مسامي porosity .

يعتمد الامتصاص الجزيئي مباشرة على الذرات المكونـــة للبوليمــر. أمـــا بالنســـبة للامتصاص المسامي يكون واضحـــا فقــط فـــي البوليمـــرات المتكاثفـــة condensation polymers مثال الفينولات.

ويمكن استخلاص الآتي:

١-الكربون والهيدروجين والفلورين ليس لهم قدرة على امتصاص الرطوبة.

٢-الأكسجين والكلورين تساعد بعض الشيء على امتصاص الرطوبة.

٣-النيتروجين يزيد من قدرة البوليمر على امتصاص الرطوبة بطريقة واضحة، ويوضح جدول (٢) وسيبين شكل (١) مسار امتصاص الرطوبة فى النيلون العلاقة بين القـدرة على امتصاص الرطوبة والتركيب البنائي للبوليمر.

جدول (٢) يوضح تأثير التركيب الذري على قدرة امتصاص الرطوبة في البوليمرات

Atoms المكونات الذرية	Typical examples أمثلة من البوليمرات	Moisture absorbtion امتصاص الرطوبة
C , H	بولى اثيلين – بولى بروبلين	قليل جدا < ٠,١ ٪
C , O , H	أكريليك	قليل < ٠,٥ ٪
C , N , O , H	نيلون	عالي > ٨ ٪

تأثير الرطوبة على الخواص

يزداد الحجم مع زيادة نسبة امتصاص الرطوبة، كما تقل الصلابة والقوة مع ازديـــاد الرطوبة في الثرموبلاستيك، ويتضح هذا في النيلون الذي كما ذكرنا آنفـــا فـــي الجـــدول السابق قدرته على الاحتفاظ بنسبة عالية من الرطوبة. كما تؤثر هـــذه الخاصيـــة علـــى الخواص الكهربية للمادة حيث تقل المقاومة الكهربية مع ازدياد نسبة الرطوبة(٧).

شكل (١) مسار امتصاص الرطوبة فى النيلون حيث يساعد وجود النيتروجين على بلوغها ٨%

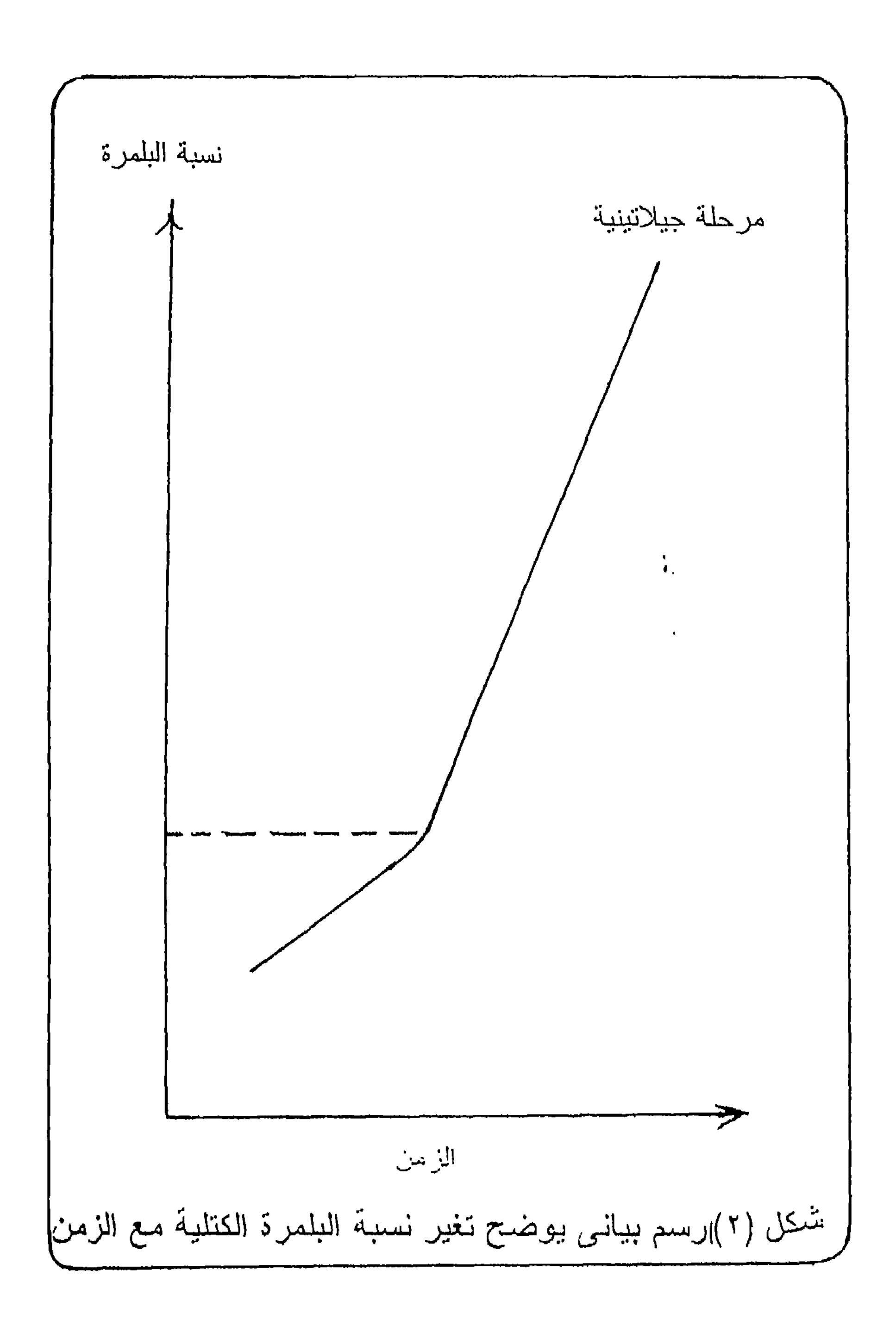
ثانيا : الخواص الكيميائية

أ-البلمرة ·

تتكون البوليمرات عن طريق التفاعل الكيميانى المعروف بالبلمرة، وهو تفاعل تبنـــى فيه السلسلة الطولية بإضافة الأحاديات (المونمر) إلى بعضها، ومن أمثلة ذلك متعدد ميثيـــل الميثاكريلات. ويتم ذلك في وجود درجة حرارة وضغط مناسبين، وتحت تأثير المواد الحفزية للتفاعل، حيث يحدث ترابط لعدد من الجزيئات غير المشبعة لتكوين جزيئ طويل، وبزيـــادة طول الجزيء تتميز الخواص الفيزيائية والكيميائية للبوليمر، فيمكن أن يتحول المونمر الغازي مثل الإثيلين إلى سائل، وباستمرار التفاعل وزيادة طول الجزييء يتحول السائل إلـــى جـامد ويؤدى زيادة الوزن الجزئي للبوليمر إلى إختلاف خواصه المختلفة. وتتم البلمرة بعدة طـــرق يرجع اختلافها أساسا لإنتاج أطوال مختلفة من السلاسل. ويحضر بوليمر الأكريليك ببلمـــرة ميثيل ميثاكريلات بطرق البلمرة المختلفة على هيئة بلمرة المونمر السائل ككتلـــة واحـــدة، أو إذابة المونمر ليكون محلولا في مذيب عضوي مناسب، أو مزيج معلق أو مستحلب في المـاء، ولكن تبقى بلمرة المحلول النقي (البلمرة الكتلية) أكثر الطرق استخداما[٥].

١- بلمرة المحلول النقي (البلمرة الكتلية)

أكثر الطرق استخداما في صناعة الألواح والقضبان وهي تعطى سلاسل تحتوى مـــن ١٨٠٠ إلى ٣٠٠٠ وحدة متكررة حيث تتم بلمرة المونمر جزئيا في وجود فوق أكسيد عنـــد ٩٠ درجة مئوية لمدة عشرة دقائق، ثم يبرد السائل الناتج ليصل إلى درجة الحرارة العاديـــة، ويتم إضافة المواد الملونه والملدنة ومضادات الأشعة فوق البنفسجية وغيرها من الإضافـــات لتحقيق الخواص المرغوبة في الاستخدام وتخلط جيدا، ويكون الناتج في هذه الحاله على هيئـة سائل غليظ القوام يحتوى على نحو ٢٠٪ من وزنه من البوليمر مازال ذائبا فـــي المونمـــر، ويصب السائل بعد ذلك في قوالب التشكيل وترفع درجة حرارته تدريجيا إلى ٤٠ درجة مئوية ثم إلى ٩٥ درجة مئوية لإتمام عملية البلمرة.[٣] وعند بلمرة ٢٠٪ من الكتلـــة يزيـد معـــدل التفاعل بطريقة طردية وسريعة حتى تصل الكتلة إلى المرحلة الجيلاتينية عند حوالـــى ٨٥ ٪ من تمام عملية البلمرة وعنـــد هذه المرحلة تصبح عملية البلمرة بطيئة مرة أخرى. شكل (٢).



شكل (٢) رسم بيانى يوضح تغير نسبة البلمرة الكتلية مع الزمن

ويلاحظ حدوث نسبة انكماش كبيرة في الحجم تصل إلى ٢١ ٪ أثناء عمليـــة إتمـام البلمرة ــ وهذا التفاعل معروف بأنه طارد للحرارة فيصاحبه إطلاق كمية من الحرارة.

ويمتاز البوليمر المحضر بهذه الطريقة بوزن جزيئي مرتفع جدا حيث يصل متوسـطة إلى مليون (وحدة ذرية لكل جزيء). وتتميز الأنواع ذات الوزن الجزيئي العالي بمعـدلات لزوجة عالية وسيولة أقل للمادة المنصهرة، كما تتميز بقوة أكبر أثناء التشغيل، وتقاوم حـدوث الشروخ عند الحقن بينما تتميز الأنواع ذات الوزن الجزيئي الأقل، بازديـاد سـيولة المـادة المنصهرة، وتستخدم لتشغيل الأشكال المعقدة في القوالب ذات الشكل المعقد.

ويمكن حفظ المونمرات المحتوية على البوليمر على هيئة سائل لزج غليـظ القـوام بطريقة آمنة وبدون تغير في خواصها إلى حين الإحتياج لها، وذلك بالتحكم في نسبة البوليمر الموجودة بها.

ومن مميزات السائل بهذه الصورة:

١- لا ينسكب من الفواصل في القالب.

٢- التقليل من زمن البلمرة الكاملة داخل القالب ويمكن إعداد هذا السائل بالقوام المناسـب المذكور بإذابة كمية محسوبة من البوليمر في كمية المونمر المطلوب.[٩]

٢- البلمرة في المحلول

تستخدم هذه الطريقة لإنتاج البوليمرات حيث تتم إذابة المونمر في مذيب عضوي مثل البنزين والتولوين أو الإيثيل ميثيل الكيتون، ويستخدم الناتج مباشرة في إنتاج بعـض مـواد الطلاء حيث يحتوي على ٤٠ – ٦٠ ٪ من البوليمر في المذيب بالإضافة إلـى العديـد مـن الاستخدامات الأخرى.

٣- البلمرة على هيئة معلق في وسط مائي

تستخدم هذه الطريقة في تحضير مادة على هيئة كريات دقيقة تجمـع ويتـم غسـلها وتجفيفها وتصلح للتشكيل بالحقن أو بالبثق، كما تستخدم كذلك في تحضير عجائن تصنيع أطقم الأسنان ويصل متوسط الأوزان الجزيئية للبوليمر المحضر بهذه الطريقة إلى حوالي ٦٠ ألفا.

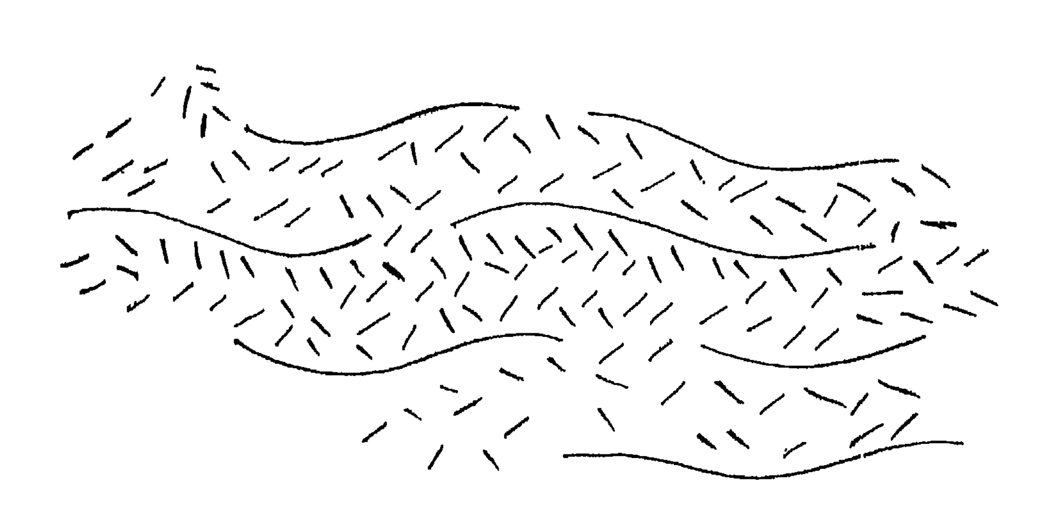
ب- تأثير المذيبات

تؤثر المذيبات على الثرموبلاستك والثرموست والمطاط بطرق مختلفة، فالثرموبلاستيك عموما يذوب في المذيبات المناسبة لكل بوليمر، حيث يقوم المذيب بفصل السلاسل مكونا محلولا بعد أن ياخذ الكفاية من المذيب شكل (٣).

وتذوب مادة الأكريليك في الهيدروكربونات العطرية مثل البنزين والتولوين والبارافينات المكلورة مثل الكلوروفورم وثنائي كلوريد الإثيلين والأسترات مثل خلات الإثيل، كما أنها تتصدع ويحدث بها شروخ وشقوق إذا عرضت للكحولات الأليفاتية أو الأمينات العضوية، ولكنها تقاوم تأثير الأحماض والقلويات، ومحاليل الأملاح المائية، ماعدا حامض الهيدروفلوريك وكذلك الأحماض المؤكسدة المركزة حيث تهاجم جزيئات البوليمر وتكسر سلاسله.[٥]

وتتوافق راتنجات الأكريليك مع النيتروسليلوز والملدنات الكيميائية مثل dibutylphthalate و tricresyl phosphate. ولا تتوافق مع الزيوت القابلة للجفاف والورنيشات ومعظم راتنجات الألكيد وبعضها يتوافق مع إثيل السليلوز وبدرجة محدودة مع اسيتات السليلوز.

وتعتبر نفاذية ألواح الأكريليك للماء منخفضة، ويمكن غمرها في محلول هيدروكسيد الصوديوم ١٠٪ أو محلول ٤٠٪ حامض كبرتيك أو ٥٪ من حامض خليك لمدة ٢٤ ساعة بدون أن تتاثر.[١٠]



شكل (٣) رسم يوضح تأثير المذيبات على الثرموبلاستيك

الفصل الثالث

الخواص الفيزيائية

لخامة الأكريليك

الخواص الحرارية

وترجع خاصية البلاستيك القابل للتشكيل حراريا (الثرموبلاستيك) إلى إمكانية تلدينها بالحرارة إلى واقع القوة الرابطة بين الجزيئات حيث تكون قوية بين أجزاء السلسلة الكيميائية والمكونة من ألوحدات الكيميائية (المونمرات) بينما أن القوة الرابطة فيما بين السلاسل المعروفة بقوى "فان درفال" Van Der Waals ضعيفة (أقل بنحو مائة مرة) شكل (٤)، مما يسهل إنزلاق السلاسل فوق بعضها البعض عند التسخين أما مواد البلاستيك المتصلبة بالحرارة (الثرموست) هي مواد متبلمرة ذات هيكل تكوينى نشأت في داخله روابط تساهمية قوية بين السلاسل حيث لا تسمح بالانزلاق بين هذه السلاسل، ويمكن تصور هذه المتبلرمات كأنها جزىء واحد ثلاثي الأبعاد كبير الحجم . (شكل ٥) (٧).

وعند تسخين البلاستيك القابل لإعادة التشكيل بالحرارة ـ (الثرموبلاستيك) ـ تبدأ الجزيئات والذرات في التذبذب بسعة إهتزاز أكبر، مما ينتج عنه تمدد السلاسل واستطالتها حيث تتلاشي قوى "فان درفال" Van Der Waals الضعيفة ويصبح من السهل حدوث الانزلاق بين السلاسل التي كانت ممسوكة بتلك القوى. وتصبح الخامة أقرب إلى سائل شديد اللزوجة، وذلك على عكس ما يحدث فى أنواع البلاستيك الثابته بالحرارة (الثرموست) حيث تتكون بين السلاسل روابط كيميائية تساهمية قوية تحافظ على الشكل ولا تسمح بإعادة تشكيله، وهذه الروابط لا تتفكك بسهولة إلا إنها قد تتعرض للكسر تحت قوى ميكانيكية كبيرة ويمكن أن تتحلل المادة حراريا إلى نواتج كربونية أو غيرها.(٦)

ويمكن تلخيص الخواص الحرارية في النقاط التالية:

١- مقاومة الحرارة — Heat Resistance

٢- الموصلية الحرارية — Thermal conductivity

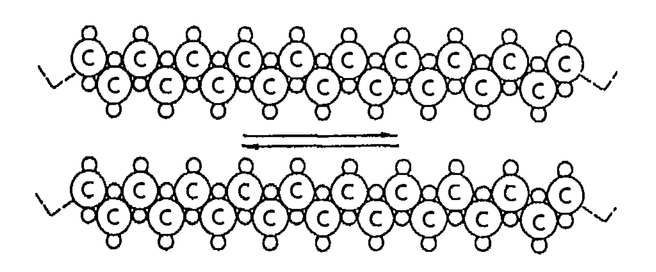
٣- الحرارة ألنوعية — Specific heat

٤- معامل التمدد الحراري — Coefficient of thermal expansion

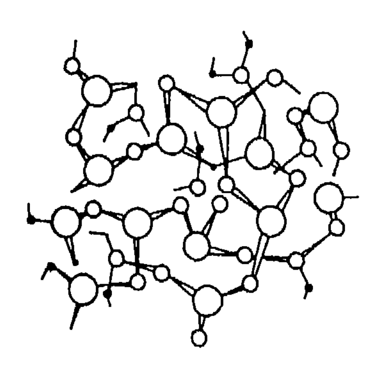
٥- القابلية للاشتعال — Flammability

٦- معامل الانصهار — Melt index

٧- نقطة التحول الزجاجي — Glass transition point



شكل (٤) الانزلاق بين جزيئات الترموبلاستيك



شكل (٥) يوضح استحالة حدوث الانزلاق بين جزيئات الثرموستنج بلاستيك

١- مقاومة الحرارة Heat Resistance

تتراوح درجة الحرارة القصوى التي يمكن أن تتحملها مادة البولى ميثيل ميثاكريلات لفترات طويلة ما بين ١٨٠ - ٢٠٠ درجة سلسيوس (منوية)، ويمكن أن تتأثر هيئة المادة في حالة تعرضها لدرجات حرارة تزيد عن ذلك لفترات زمنية قصيرة. وفي العادة تزيد قوة وصلابة المواد البلاستيكية وتفقد مرونتها عند درجات الحرارة المنخفضة عندما تتجاوز نقطة التحول الزجاجى حيث تصبح هشة وقابلة للكسر كالزجاج [١١].

إلا أن مادة الميثيل ميثاكريلات لا تتأثر بالبرودة في الدرجات المعتادة ولا ينتج عنها شروخ أو تشققات.

٢- الموصلية الحرارية Thermal conductivity

هو معدل انتقال الطاقة الحرارية من جزيء إلى آخر في السلسلة الكيميائية وكتلة البلاستيك. وعادة ما يميز بالواط لكل درجة حرارة لكل متر، ومن المعروف أن المواد البلاستيكية عموما لها خواص عازلة حراريا حيث يقل معامل التوصيل الحراري للوح من البولي ميثيل ميثاكريلات سمكه ٥مم بمقدار ٢٠% عن مثيله من الزجاج. [١٢]

جدول (٣) يوضح أن معامل التوصيل الحراري للأكريليك يقل كثيرا عن معامل التوصيل الحراري للمعادن والزجاج والخشب:

جدول (٣) ـ معامل التوصيل الحراري لبعض الخامات التشكيلية

الخامة	معامل التوصيل (K – factor) W/K.m
أكريليك	,١٨
الألومنيوم	١٢٢
النحاس	١١٥
الحديد	٤٧
الزجاج	,٨٦
الخشب	٠,١٧

٣- الحرارة النوعية Specific heat

هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة وزنية (جرام من المادة) درجة واحدة كلفن أو سلسيوس .

Thermal Conductivity	Thermal Receptivity	Thermal Conductivity
الموصلية الحرارية	القابلية الحرارية	الموصلية الحرارية
(K – Factor) W/K.m	(R – Factor) K.m/W	Btu.in / hr.ft ^{2}. ^{o}F
0.18	5.55	1.3

طرق التعبير عن الموصلية الحرارية، معامل القابلية الحرارية

في عمليات التكرار الكمي هذا المعامل له أهمية في حساب التكلفة اللازمة لعمليات تشكيل الأنواع المختلفة من البلاستيك.

٤- معامل التمدد الحراري Coefficient of thermal expansion

يلاحظ أن معامل التمدد الحراري لمادة البولى ميثيل ميثاكريلات من أكبر معاملات التمدد الحراري لمواد البلاستيك باستثناء مادة بولى فينيل الكلوريد، ويعنى ذلك تمدده فيما بين ٥٤ – ١١٥ جزء في المليون لكل درجة حرارة.

وقد يؤثر زيادة التمدد الحراري للمادة على استخدامها في بعض التطبيقات، وقد يقتضي الأمر الإقلال من معامل التمدد الحراري حيث يمكن خلط المادة البلاستيكية ببعض المواد أو المركبات المالئة (Fillers) وهي مواد خاملة كيميائيا ولها خواص تتوائم مع الاستخدام المطلوب[٦].

٥-القابلية للاشتعال Flammability

هي إحدى الخواص التي تحدد مدى قابلية المادة للاشتعال، وتقاس بالزمن الذي يتم فيه إنهاء الاشتعال بعد إبعاد المصدر الحراري المسبب للاشتعال، كما يمكن أن تقاس قابلية المادة للاشتعال بكمية المادة المفقودة خلال هذه العملية.

وتعتبر المركبات القابلة للتفحم ــ مثل المركبات الحلقية، المحتوية على روابط عديدة ــ أقل قابلية للاشتعال مقارنة بالمركبات التي تحتوى على ذرات الأكسجين والهيدروجين حيث تزيد من قابليه المركبات للاشتعال. ومن ناحية أخرى فإن احتواء المركب على مركبات الهالوجينات (الفلور، البروم والكلور وكذلك مركبات الفوسفور) تقلل من قابليته للاشتعال.[١٣]

كما يلاحظ أن مركبات البلاستيك المحتوية على روابط عرضية كيميائية ــ أي المواد المتصلبة حراريا (ثرموست) ــ تقاوم الاشتعال أكثر من مواد الثرموبلاستيك الأخرى، ويرجع ذلك إلى حاجة مواد الثرموست إلى طاقة حرارية أكبر لفصل الروابط الجانبية بين السلاسل وتحليل المادة إلى المركبات القابلة للاشتعال.

وهناك العديد من أنواع البلاستيك التى يحدث لها انطفاء ذاتى self-extinguishing، حيث لا يستمر احتراق البلاستيك بعد زوال اللهب، إلا أن أغلب أنواع البلاستيك تحترق عند تعرضها للهب مباشر.[٦]

وألواح البولى ميثيل ميثاكريلات تحترق ببطء عند تعرضها للهب في الهواء الجوى المعتاد ١,٢٧ ــ ٤٥٧, سم/دقيقة. ويجب التعامل معها كأي مادة قابلة للاحتراق مثلها مثل الخشب. ودرجة الاشتعال الذاتى self ignition لهذه المادة تتراوح بين ٤٥٠ - ٤٦٢ درجة مئوية وأما عند تعرضها للهب مباشر، فتصل هذه الدرجة إلى ما بين ٢٨٨ - ٢٩٩ درجة مئوية. بينما أن درجة إشتعال الأكريليك أعلى من معظم أنواع الأخشاب، فإنه يشتعل بقوة وبعنف ويتولد عن ذلك حرارة سريعة. والنواتج الأولية لاشتعال الأكريليك هي أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون ولا يولد إحتراقه كثيرا من الأدخنة السامة أكثر من التي يولدها الخشب أو الورق.[١٣]

٦- اللزوجة أو معامل الانسياب Melt Flow index

تعتبر اللزوجة وخواص الانسياب، من العوامل الأساسية في عملتي تصنيع (تشغيل) البلاستيك وتصميم القوالب. ويعرف معامل الإنسياب بأنه كمية المادة التي يمكن بثقتها من ثقب صغير في خلال زمن عشر دقائق تحت ضغط 300 kpa43.5 psi] . وكلما زادت قيمة معامل الانصهار دل ذلك على انخفاض لزوجة المادة، وبحتسب بالجرام لكل عشر دقائق، وتعتبر المواد ذات الوزن الجزيئى الكبير عموما لديها مقاومة أكبر للانسياب.

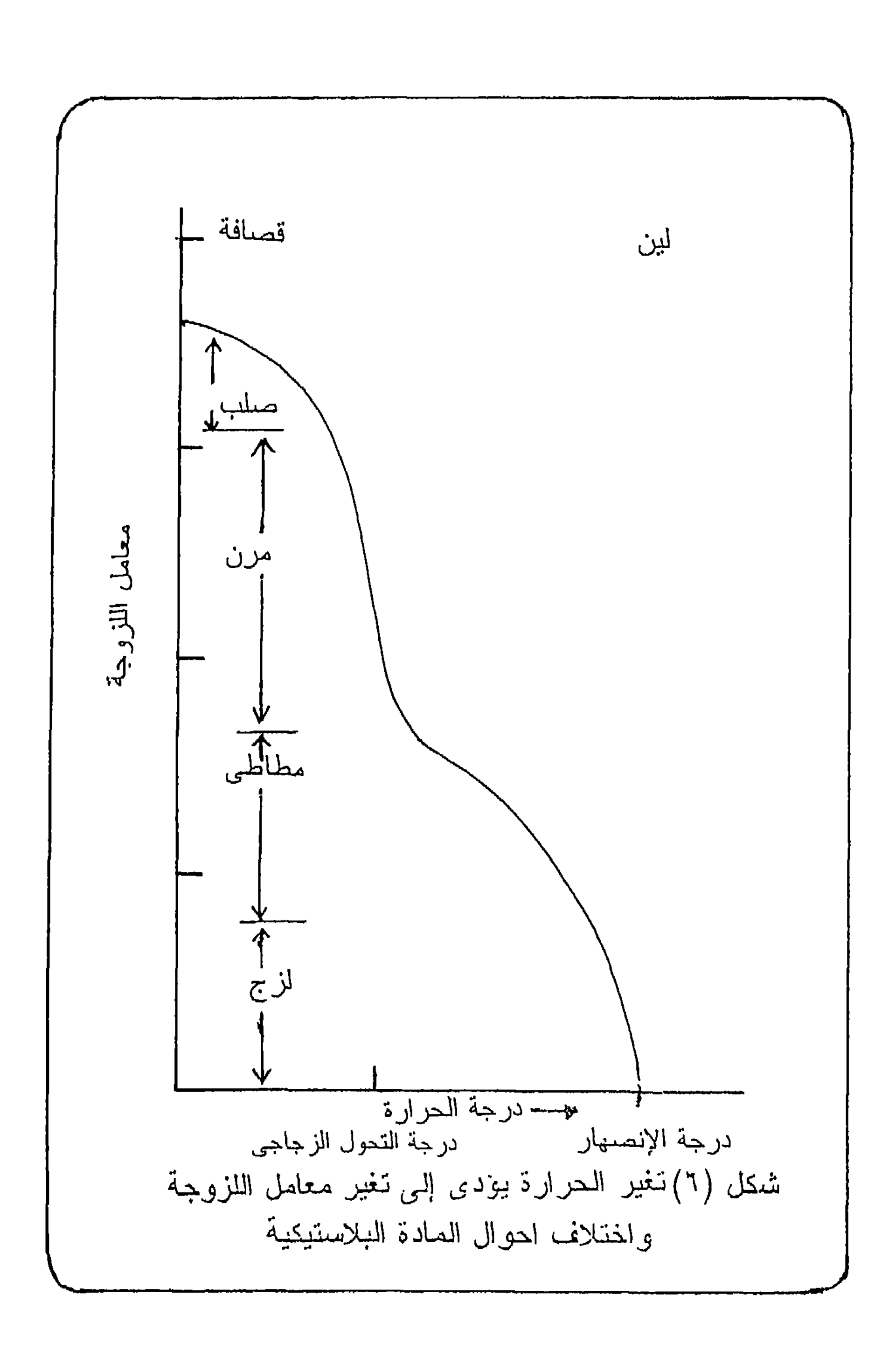
٧- درجة حرارة الكسر Brittle Temperature

هي درجة الحرارة التي تفقد فيها مادة الثرموبلاستيك قدرتها على مواصلة الانثناء والاستجابة للقوى الميكانيكية الواقعة عليها ويؤدي الاستمرار في الانثناء يؤدي إلى الكسر. ويمكن قياس هذه الدرجة بالتعامل مع لوح الثرموبلاستيك وتسخينه عند درجة الليونة ومحاولة قياسها مع التبريد تدريجيا وعند انخفاض درجة الحرارة، يتم قياس هذه الدرجة التي لا يمكن للوح قبول الانثناء عندها وألا يحدث الكسر.

٨- نقطة التحول الزجاجي Glass transition point

هي درجة الحرارة التي تتحول فيها المادة البلاستيكية من الحالة الصلبة إلى الحالة اللدنة. وتكون المادة صلبة قبل هذه الدرجة متماسكة، وتصبح المادة قابلة للتشكيل بعد هذه الدرجة.[٦]

ويمكن قياس درجة التحول الزجاجي بطريقة بسيطة بجهاز لقياس ضغط إبرة على سطح المادة البلاستيكية وهي في حالة الليونة الكاملة، ثم تبريد هذه المادة تدريجيا وقياس الضغط اللازم لدفع الإبرة فى الكتلة ثم تحديد هذه القياسات بواسطة رسم بياني حيث يظهر (شكل ٦) ومن هذا الشكل يتضح أن المادة تكون لدنة عند حرارة معينة، كما تصبح صلبة عند درجة حرارة أخرى، وبين هاتين النقطتين هناك مدى حراري قد يصل إلى عدة درجات مئوية تتم فيها عملية التحول، ويختلف هذا المدى الحراري طبقا للوزن لجزيئي للبوليمر، حيث أنه كلما زاد الوزن لجزيئي زاد مدى التحول الحراري. وتكون نقطة التحول الزجاجي للبولى ميثيل ميثاكريلات ١٠٥ درجة مئوية.



شكل (٦) تغير الحرارة يؤدى إلى تغير معامل اللزوجة واختلاف احوال المادة البلاستيكية

الخواص البصرية

بما أن كثير من البلاستيكات لديها خصائص بصرية متميزة فإنه يمكن تقسيم هذه الخصائص فيما يتعلق بالضوء كالآتي:

١- شفافة Transparent

حيث ينفذ الضوء ويمكن الرؤية من خلالها.

٢- نصف شفافة Semi tranparent

ينفذ الضوء من خلالها ولا يمكن الرؤية من خلالها.(٦)

٣- معتمة opaque

حيث لا ينفذ الضوء من خلال المادة، وبالتالي لا يمكن رؤية الأجسام من خلفها.

والمادة الشفافة هي تلك التي لا تمتص من الضوء إلا القليل جدا من الطيف المرئي، كما أن الامتصاص الانتقائي للضوء لمادة معينة يكسبها اللون، وبوجه عام فإن المواد التي توجد بذراتها إلكترونات حرة تكون معتمة لأن الإلكترونات الحرة تمتص الطاقة الضوئية.(٦)

وتتعلق الخواص البصرية بالبناء الجزيئي للمادة مثل الروابط الكيميائية والبلورية، وعلى هذا فإن الخواص الكهربية والحرارية والضوئية للبلاستيكات متعلقة ببعضها البعض. فخواص اللمعان، والبريق، والشفافية، واللون، والنقاء، والانكسار هي بعض من الخواص الضوئية العديدة الهامة للبلاستيك.

إن الخواص العاكسة للضوء لسطح البلاستيك تسمى اللمعان والبريق بينما المظهرية الغمامية تسمى Haze.

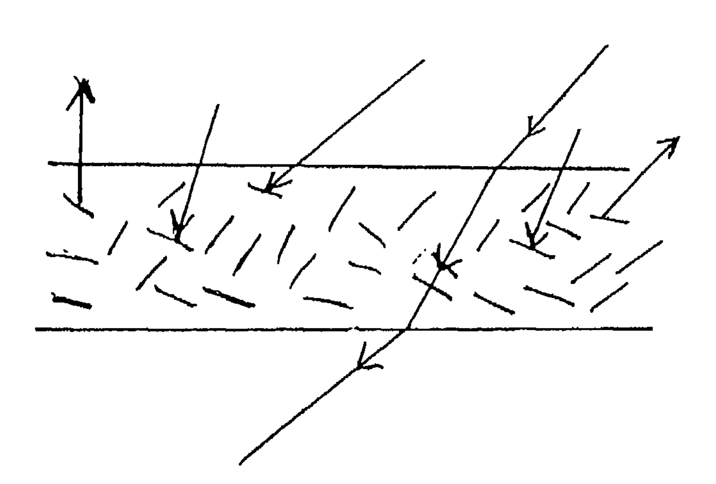
ويمكن تلخيص الخواص الضوئية للبلاستيك في نقطتين :

١- الشفافية

٢- معامل الانكسار

١- الشفافية Transparency

هي معيار لدرجة التبلور، فالبوليمرات غير المتبلورة مثل الاستيرين والبولى ميثيل أكريلات، تتميز بشفافية عالية جدا، وتعتبر نسبة شفافية البولى ميثيل ميثاكريلات عالية نسبيا مقارنة بالعديد من مواد البلاستيك الأخرى بينما تتراوح شفافية العديد من مواد البلاستيك بين النصف شفاف والمعتم حيث يرجع ذلك إلى نسبة التبلور (التيفلون على سبيل المثال معتم تماما حيث أن درجة تبلوره تصل إلى ٦٠%) (شكل ٧) يوضح درجة التشتت الضوئي في البلاستيكات المتبلورة.(٧)



شكل (٧) التشتت الضوئى فى البلاستيكات المتبلورة

٢- معامل الانكسار Index of Refraction

عند نفاذ شعاع ضوئي فى مادة شفافة فإن جزء من الضوء ينعكس والجـزء الأخـر ينكسر (عند نفاذه من المادة) .

ويعتمد معامل الانكسار (n) على كل من زاوية السقوط (i) والانكسـار عنـد نفـاذ الضوء في المادة (r)

$$n = \frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r}$$

ومعظم البلاستيكات الشفافة معامل انكسارها ١,٥٠ تقريبا وهي ما يـوازى تقريبـا معامل انكسار الزجاج، ويبلغ معامل انكسار البولى ميثيل ميثاكريلات ١,٤٩ ويوضح الجـدول (٤) أن درجة شفافية البولى ميثيل ميثاكريلات عالية بالنسبة لكثير من المـواد البلاسـتيكية الأخرى الشفافة حيث تصل نفاذية للضوء ٩٤%.

جدول (٤) معامل الانكسار ونسبة الشفافية لبعض أنواع البلاستيك

الخامة	معامل الانكسار	نسبة الشفافية
البولى ميثيل ميثاكريلات	١,٤٩ >	%٩٤
أسيتات السليلوز	١,٤٩	%٨٧
بولى فينيل كلوريد استات	١,٥٢	%٨٣
بولى كربونيت	١,٥٩	%٩٠
بولى ستيرين	١,٦٠	%٩٠ (٦)

الخواص الميكانيكية

تتأثر الخواص الميكانيكية للثرموبلاستيك بشكل السلاسل الجزيئية التي تتكون منـها هذه المواد، فنجد أن البوليمرات الخطية linear polymers تكون أكـثر مرونـة مقارنـة بالمتبلمرات ذات التكوين الحلقى حيث تؤثر المجاميع الحلقية الجانبية تـأثيرا كبـيرا علـى الخواص الميكانيكية (جدول ٥).

جدول (٥) يوضح تأثير البناء الكيميائى على الخواص الميكانيكية
لبعض أمثلة من خامات البلاستيك

	سلسلة خطية	مجموعات جانبية	حلقات جانبية	حلقة داخل السلسلة الرئيسية
التركيب البنائي	H H —C—C— H H	H H —C—C— H | HCH H	H H —C—C— H	H —C— H
الخواص الميكانيكية	لدن ـ صلب زحف على high creep	Hard – tough زحف متوسط	Hard – Brittle Low Creep	Hard – tough Low Creep
أمثلة من الخامات	البولى إثيلين	بولى ميثيل ميثا كريلات	بولى ستيرين	بولى أستر

فالسلاسل الخطية تكون عادة عرضة للزحف creeping والاستجابة yielding تحت تأثير الأحمال، حيث يحدث ذلك نتيجة انزلاق السلاسل نتيجة لكسر قوى الترابط الضعيفة بين هذه السلاسل، ويمكن نشوء قوى جذب جديدة بعد انزلاق هذه السلاسل وإزالة الأحمال. أما المجاميع الجانبية والحلقية في السلاسل فلها تأثير مقاوم لانزلاق السلاسل، حيث تتشابك السلاسل مع بعضها بعضا بشكل أقوى، ويرجع ذلك إلى إعاقة المجاميع الجانبية لعملية الإنزلاق. وتضيف زيادة قوة جذب "فان درفال" Van Der Waals بين هذه المجموعات والسلاسل الأخرى قدرا من القوة والمتانة إلى البوليمر[٧].

ويمكن تلخيص الخواص الميكانيكية للثرموبلاستيك فى النقاط الآتية:

١- تأثير الصدمة.

٢- الاستجابة - الخضوع.

٣- الشروخ الناتجة عن الضغوط.

٤- مقاومة الشد.

٥- الجسائة.

٦- المتانة.

٧- الصلابة.

٨- معامل المرونة.

١- تأثير الصدمة

يكون تأثير الصدمة طبقاً للتركيب البنائي للبلاستيك نفسه، فـــإن نـــوع معيـــن مـــن الثرموبلاستيك على شكل رقائق سيكون اكثر قوة من حالته فى شكل قطاع سميك، فعند سحب البوليمر على شكل خيوط فإن الجزيئات تنتظم في إتجاه السحب، وهذه الحالة ينتج عنها متانـة عالية جدا كما تعطى مقاومة كبيرة للصدمات في إتجاه توجه الجزيئات، لذا فإن البوليمر حيث يتم سحبه إلى الياف يكتسب قوة ميكانيكية عالية حيث تتميز هذه الألياف بمتانة أعلـــى مـــن البوليمر في حالته الصماء.(١١)

وهناك أنواع من الأكريليك تصنع خصيصا بمواصفات بعض أنواع المطـــاط وهـــذه النوعيات تتحمل عشرة أمثال الصدمات التي تتحملها الأنواع القياسية، وتتاح هذه الأنواع على شكل الواح أو عجائن، حيث يتم إضافة المواد المعدلة لخصائصها وتعتـــبر مقاومـــة مـــواد الأكريليك للكسر أكبر من مقاومة الزجاج بحوالى من ٦ إلى ١٧ مرة في السمك الذي يتراوح فيما بين,٣٢ إلى ,٦٤ ملليمتر. وعندما تتعرض مادة الأكريليك لصدمات تفوق قدرتها علـــى المقاومة فإن مخاطر الإصابة للموجدين في مكان الحادث تكون غير حادة، وذلك نتيجة لكسره إلى قطع كبيرة الحجم (على عكس الزجاج) ذات حواف غير حادة، كما أن سرعة انتشـارها وتناثرها تقل عن سرعة كسر الزجاج مما يقلل من تلك المخاطر.(١٣)

٢- الاستجابة - الخضوع

يمكن أن تقاس نقطة القطع بقياس كمية الطاقة المطلوبة بكســـر عينـــة مـــن المـــادة وسيظهر انخفاض حاد في درجة الصلابة عند نقطة محددة نقطة القطع وتنتج الهشاشية مـــن درجة التبلور العالية.(٧)

٣- الشروخ الناتجة عن الضغوط

ويمكن تقسيم الشروخ الناتجة عن الضغوط إلى نوعين:

١- شروخ ناتجة عن ظروف بيئية

٢- شروخ ناتجة عن إجهادات داخلية

أ- شروخ ناتجة عن ظروف بيئية

عندما يتعرض البوليمر للظروف البيئية القاسية، أو بعض الضغوط، وفي نفس الوقت لمذيب ضعيف، أو مادة ذات نشاط سطحي لمدة طويلة، فإنه قد يحدث نوع من التلف والتدهور للبوليمر. وليس من الضروري أن تكون هذه المادة ذات النشاط السطحي التي يتعرض لها البلاستيك ضارة، فقد تكون صابون أو منظف صناعي، وقد تبدأ ظاهرة الشروخ الناتجة عن الضغوط عند نقاط الضعف في المناطق غير المتبلورة بين المجموعات المتبلورة في البلاستيك، وهذه الظاهرة تحدث بصورة أكثر في البوليمرات الأعلى في درجة تبلورها.

ب- شروخ ناتجة عن إجهادات داخلية

ولا يلزم أن تكون الضغوط من مصادر خارجية، بل قد تكون نتيجة إجهادات داخلية أثناء عملية تشكيل الخامة حيث يؤدى التباين في معدلات التبريد داخل القالب إلى درجات مختلفة من التبلور في مختلف الأجزاء، وبالتالى إلى نسب مختلفة من الانكماش. كما أن انسياب البلاستيك داخل القالب عادة ما يحدث بدرجات متفاوتة، مما يؤدى إلى ظهور إجهادات مختلفة. ويؤدى انخفاض معامل التوصيل الحراري في الأجزاء السميكة إلى اختلاف في المسار الحراري في المواضع المختلفة لنفس الجزء، وهذا بدوره يؤدى إلى اختلاف في بنيان الجزء المصنوع من اللدائن الحرارية. وفي بعض الأجزاء ذات التجويف الداخلي يسبب وجود قلب معدني عدم حرية انكماش البوليمر حوله مما يؤدي أيضا إلى تولد اجهادات. وفي اللدائن التي تتعرض للزحف creep يؤدى الإنفعال إلى تناقص تدريجي في الإجهادات يصاحبه حدوث تشوه في هذا الجزء[١١].

٤- مقاومة الشد

تختلف خواص الشد باختلاف نوع البوليمر: فبينما تظهر البوليمرات المتصلبة حراريا، والبوليمرات الحرارية تحت درجة حرارة Tg سلوكا قصفا، كما هو موضح في (الشكل ٨) منحنى (a)، تظهر البوليمرات الأكثر متانة استطالة ملحوظة بعد حدوث الرقبة Necking كما يتضح من منحنى (b). كما تزداد قوة الشد القصوى نتيجة لإعادة ترتيب الجزيئات نتيجة لاستطالة ما بعد الرقبة. وتزداد الاستطالة بعد الرقبة لدرجة ملحوظة بزيادة حساسية معدل الانسياب، وهي الزيادة التى تصاحب ارتفاع درجة حرارة البوليمر فوق درجة حرارة Tg كما هو موضح (بشكل ٩).

ويعتبر الأكريليك من اللدائن ذات المتانة المنخفضة التي تعانى من تركيز الانفعال أثناء التحميل في نقاط محددة مما يترك علامات مرئية تسمى التجزيع Crazing[٧].

٥- الجسائة:

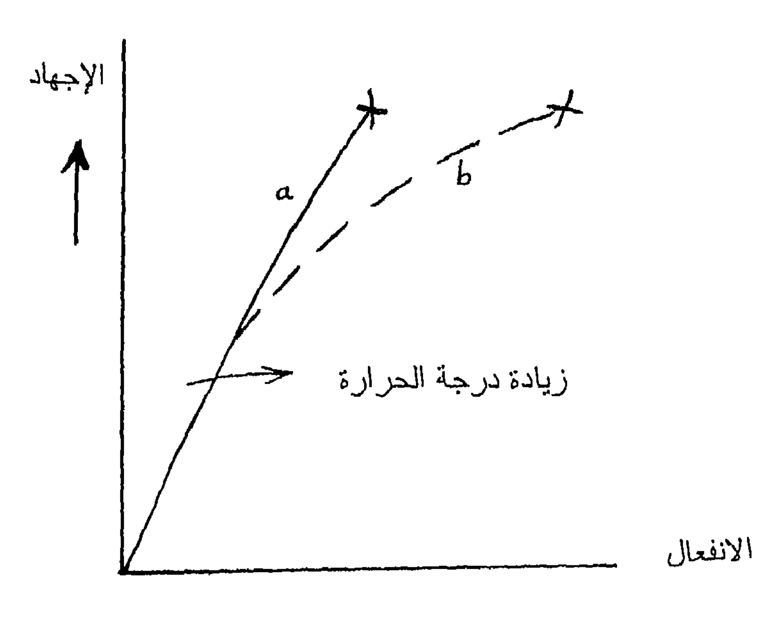
تعرف الجسائة بمدى مقاومة الجزء للانحناء عند تعرضه للثنى، ويتم اختبار الجسائة بقياس مقاومة الانحناء بأكبر إجهاد يحدث في العينة عند تعرضها لانفعال ثني ٥% ، كما يعرف معامل الانثناء بميل منحنى الإجهاد - الانفعال تحت قوة الثني.

٦- المتانة:

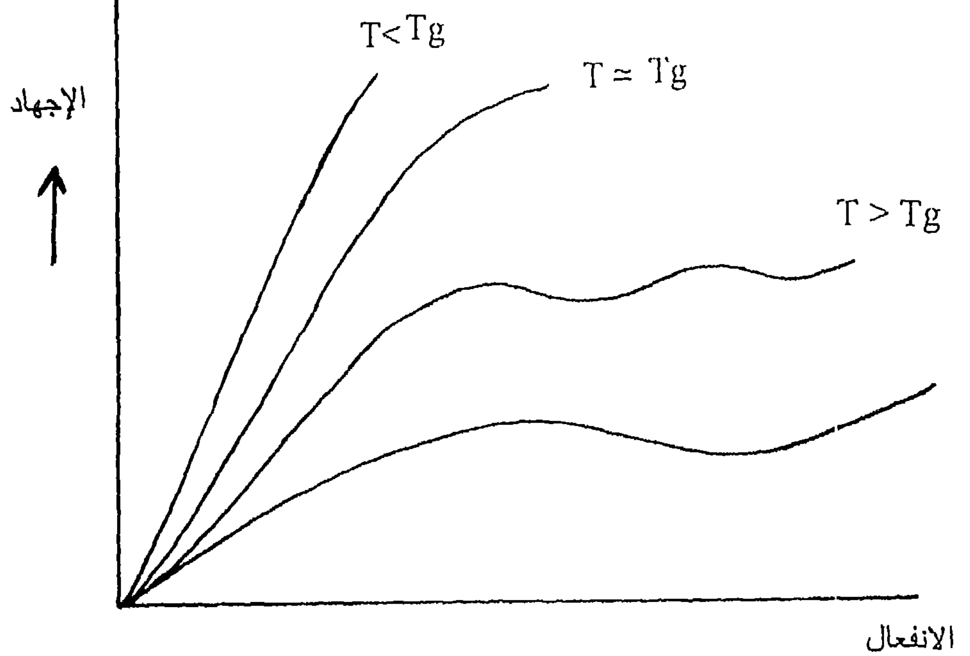
تزداد متانة البوليمرات مع وجود درجة متوسطة من التبلور، ومع تخفيض حجم كريات البللورات، وتزداد المتانة في البوليمرات التساهمية copolymers بإدخال بوليمر ذى درجة تحول زجاجى أقل بكثير من درجة حرارة الاستخدام.

٧- الصلابة:

كلما قلت الصلابة، كلما ازدادت استطالة العينة قبل الكسر، كما تتميز البوليمرات ذات الصلابة المتوسطة بأعلى مقاومة للشد، وتقل المقاومة للبوليمرات الطرية أو الصلبة جدا.



شكل (٨) منحنى اختبار الشد لبوليمر قصف (منحنى a) وبوليمرمتين (منحنى b)



شكل (٩) تأثير درجة الحرارة على منحنى اختبار الشد.

٨- معامل المرونة:

يصعب تحديد معامل المرونة في اللدائن كما هو الحال في المعـــادن، نظــرا لعــدم استقامة منحنى التحميل حتى عند الانفعالات الصغيرة، وفى معظم البوليمرات ينخفض معامل المرونة مع زيادة درجة الحرارة [٧].

تأثير العوامل الجوية Weatherability

إن تأثير العوامل الجوية تنتج عن مجموعات من المؤثرات البيئية، وتشــمل الأشــعة فوق البنفسجية والتغيرات الجوية. وعادة ما تكون معظم التأثيرات الجوية التي تتســبب فــي تحلل البلاستيك ناتجة عن الأشعة فوق بنفسجية.

ويأخذ هذا التحلل أشكالا مختلفة وذلك تبعا لنوع البلاستيك.

أ- الهشاشة والتشقق

ب- تغير مظهر السطح

ج- تغير اللون

د- تغير في الخواص الكهربية

تتميز البوليمرات المشبعة بمقاومتها لتأثير الأشعة فوق بنفسجية والأوزون بدرجـــة أكبر من البوليمرات غير المشبعة، ونتيجة لذلك يحدث في بعض أنـــواع البلاســتيك تغــير للسطح، إلا أن كثير من البوليمرات تسمح للأشعة فوق بنفسجية بالتغلغل داخلها، مما يســمح بتحلل ما دون السطح، فتتغير الخواص وتحدث الهشاشة والعتامـــة darkening وتغــيرات أخرى.[٧]

وقد أثبتت السنوات العديدة من التعرض الخارجي للأكريليك في مختلف الاستخدامات مقاومته لتأثير العوامل الخارجية، ولا يمكن مقارنتها بأي من أنواع البلاستيك الشفاف.[١٢]

من حيث تغير اللون أوالخواص الطبيعية، فهو مع قليل من أنواع البلاستيك، يسمح بنفاذ الأشعة فوق البنفسجية، بأقل قدر من التحلل(*).

وألواح الأكريليك غير قابلة للانكماش والتآكل خلال فترات طويلة، وإن كثيرا من أجهزة القياس التي تطلب. ثبات قوى للأبعاد تصنع من الأكريليك وإن التزايد الحرارى والإشعاعى الناتج عن لمبات بخار الزنبق والأشعة فوق البنفسجية الناتجة عن الإضاءة الفلورسنتية، لها تأثير طفيف غير حاد على الأكريليك، وتقل قدرة مادة الأكريليك الشفافة على نقل الضوء بنسبة واحد في المائة في خلال خمس سنوات.(٤)

(*) توجد نوعيات مخصصة من الأكريليك لمقاومة الاشعة فوق البنفسجية، تستخدم في بعض الأغراض مثل عواكس مصابيح الهالوجينية المعرضة لتركيزات عالية من الأشعة فوق البنفسجية أ كثر من المعدل المعتاد الموجود في أشعة الشمس أو لمبات الفلوروسنت

الفصل الأول
أساليب التشكيل المباشر
في خامة الأكريليك

مقدمة

إذا كنا قد تعرضنا فى الباب السابق إلى التعريف بخامة الإكريليك وصور تواجدهـــا وخواصها الكيميائية والفيزيائية بغية الحصول على إلمامه شاملة تتيح للمثالين المهتمين بمجال البلاستيك إخضاع خواص الخامة للفكرة التصميمية، فإننا الآن بصـــدد الطــرق والأســاليب المتعلقة بإخضاع خامة الإكريليك لتنفيذ عمل نحتى، حيث يكون من المهم حصر تلك الطــرق التكنيكية المختلفة، وكيف يمكن الإفادة منها فى مجال التشكيل النحتى بالرغم من أنـــها فـــى مجموعها عمليات أدائية صناعية إلا أن ما نسموا إليه هو تطويع هذه الطرق الصناعية بمـــا يتوائم وعمليات التشكيل ببلاستيك الأكريليك من ناحية، ومن ناحية أخرى بما يعطـــى أبعـــاداً تشكيلية وتعبيرية تتخطى الحدود النمطية والصناعية للتشكيل بالبلاستيك مما يتيح للفنان قـــدرة أوسع فى تنفيذ أفكاره بمرونة فائقة.

الباب الثاني
أساليب التشكيل النحتي بخامة الأكريليك

الفصل الأول : أساليب التشكيل المباشر في خامة الأكريليك

الفصل الثاني : التشكيل الحراري لألواح الأكريليك

الفصل الثالث : الصب

الفصل الرابع : أساليب التجميع

الفصل الخامس أساليب الإنهاء والتشطيب

العدد والأدوات المستخدمة في عملية التشكيل المباشر بخامة الأكريليك

تتمثل الأدوات الأساسية المستخدمة في عملية التشكيل الخاصة بخامة الأكريليك في:

١- المثقاب

٢- المناشير

٣- المبارد

٤- ماكينات الخرط والنقر والتفريز

٥- أدوات القطع

وللحصول على نتائج جيدة عند استخدام الماكينات التي تتعامل مع الأخشاب أو المعادن، يتم إجراء بعض التعديلات الطفيفة على الأدوات.

إلا إنه توجد اختلافات هامة في الطريقة التي يتفاعل بها البلاستيك مع الماكينات فالمواد البلاستيكية يكون لها قدر قليل من التوصيل الحراري، وإذا لم يتم عمل الاستعدادات لتقليل الحرارة الناشئة، ففي هذه الحالة فإن وجود سلسلة من التمدد الحراري للخامة، والاحتكاك المتزايد وتزايد الحرارة الناشئة وزيادة استهلاك الآلات، كل ذلك يؤدي إلى حدوث تلفيات في الخامة.

وأهم ما يجب ملاحظته عند التشغيل في البلاستيك هو الاحتفاظ بالعدد حادة دائما بدأ من سكينة الفريز حتى إلى المثقاب اليدوي الصغير.[١٤]

أساليب التشكيل في خامة الأكريليك

هناك أساليب متعددة لتشكيل خامة الأكريليك يتم استخدامها للحصول على التأثير والتشكيل المطلوب، ومنها:

١- الثقب

٢- النشر

٣- الخرط

٤- النقر والتفريز

٥- القطع

٦- البرد

٧- اللفح بالرمال

١- الثقب

المثقاب اليدوي يكون مناسبا لحفر ثقوب ذات قطر صغير، فبالنسبة للثقوب ذات الاتساع الأكبر من ٦مم يكون من الضروري استخدام مثقاب آلي يدوي وأفضل النتائج يمكن الحصول عليها بواسطة استخدام المثقاب الالتوائي Twist drill (شكل ١٠).

ويجب انتقاء المثقاب المصنع من الصلب ذى السرعة العالية والسنون الواسعة المصقولة.(١٥)

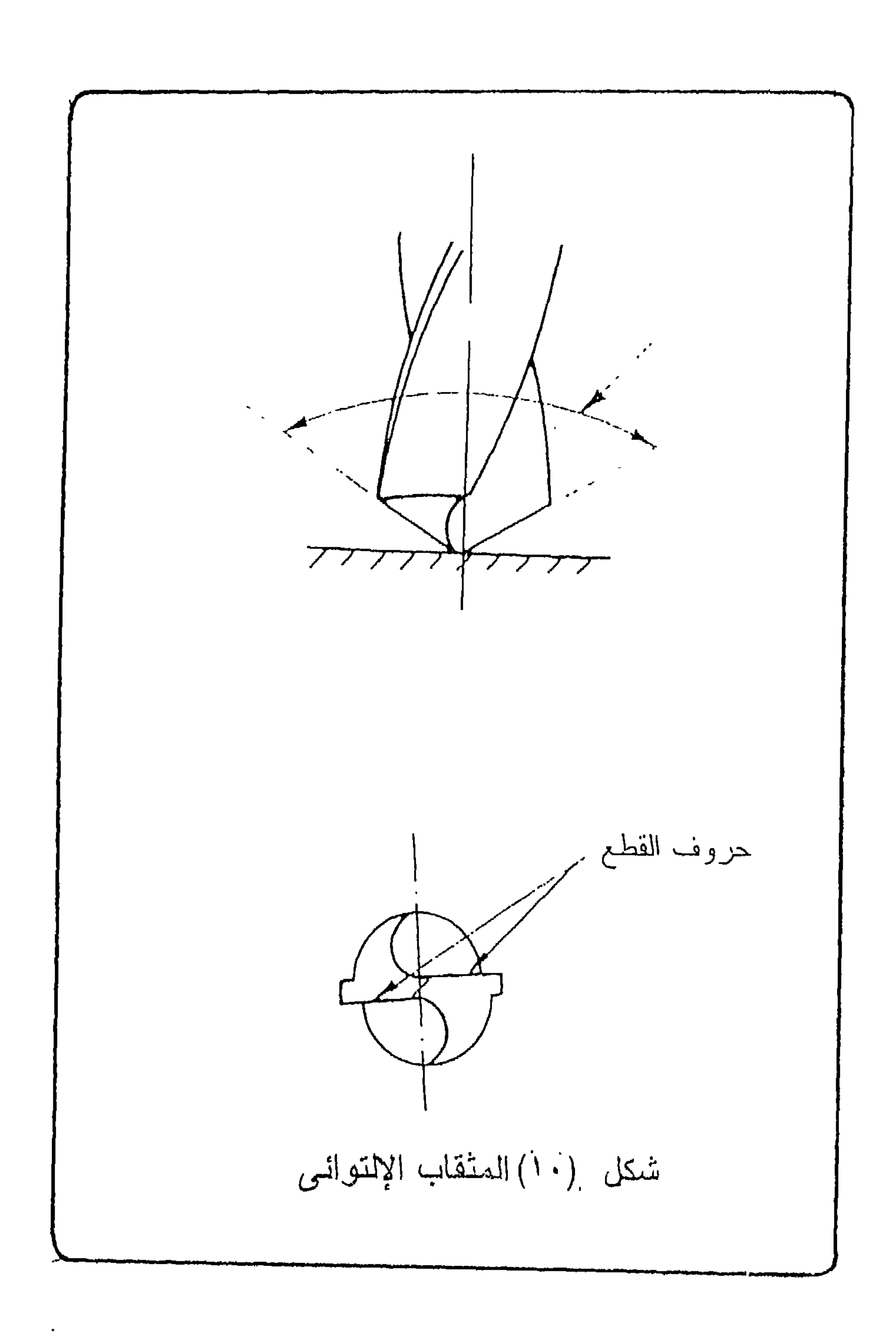
ويجب استخدام أعلى سرعة يمكن الحصول عليها في حالة المثاقيب صغيرة الأقطار. وإذا كان سمك الخامة يؤدى إلى عدم وصول سن الحفر الخاص بالمثقاب إلى القاع أو تخلله، يجب الحذر من انكسار الأكريليك، لذلك يجب وضع قطعة من الخشب أسفل النقطة التي سيتخللها المثقاب مباشرة وبذلك نوفر أقصى دعم للخامة خلال عملية الثقب. وبالطبع إذا كان المطلوب عمل ثقب صغير في مسافة قصيرة داخل الكتلة فإن احتمال حدوث الكسر يكون ضئيلا أو معدوما.

وإذا كان اللوح المراد ثقبه قليل السمك، يكون من المهم أن يدخل كل قطر سن المثقاب داخل الخامة قبل أن ينفذ من السطح السفلي لها.

ويجب التخلص من مخلفات الثقب أولا بأول وذلك عن طريق سحب المثقاب خارج الثقب كي نسمح للشذرات بالخروج من الثقب وإذا كان الثقب عميقا ينصح باستخدام مادة مشحمة.(٢)

وأثناء عملية الثقب تنشا حرارة عالية، والقطع الفعلي للخامة يظهر قاع الثقب وهو يتم بواسطة حافتي القطع الموجودتين في طرفي المثقاب. وكلما توغل المثقاب في الخامة تولدت حرارة من الإحتكاك، وإذا زادت هذه الحرارة عن درجة انصهار المادة، فإن خامة الأكريليك تنصهر، وفي هذه الحالة تلتحم الشذرات بالمثقاب ويسد سن المثقاب. وللحصول على ثقوب جيدة أساسا فإنه يجدر توفير بعض التبريد أثناء عملية الثقب، ويكون من الأفضل أن نسحب المثقاب عدة مرات خارج الثقب حتى يتم التبريد بالهواء فذلك من شأنه التخفيف من شدة السخونة المتولدة من عملية الثقب حيث تنتقل الحرارة إلى الوسط المحيط.

وبصفة عامة يمكن القول أن السرعات تقل كلما كبر حجم الثقب أو كلما قلت صلابة الخامة والحرارة المتولدة في حجم الوحدة الواحدة، وتتضاعف بسرعة كلما تضائل عمق الثقب. ويتم معرفة مدى ملائمة السرعات العالية في الاستخدام يتم معرفتها عندما يتغير قوام الشذرات من كونها صلبة إلى كونها لينه.



شكل (١٠) المثقاب الإلتوائى

ولتجنب الحرارة الزائدة في معظم الحالات يكون من الضروري العمل علـــى إبعـــاد الحرارة بواسطة استخدام تيار هوائي أو سائل مبرد، وفي حالة استخدام السائل يكـــون مـــن الضروري التأكد أنه ليس له تأثير ضار على الخامة ويستخدم لذلك الماء أو ١٠٪ محلول زيت قابل للذوبان في الماء أو صابون مع الماء[١٤].

٢- النشر

يتوقف نوع المنشار المستخدم على نوع العمل المطلوب إنجازه، فالمنشـــار الدائـــرى يفضل استخدامه في القطع المستقيم، بينما ينصح باستخدام منشار متعدد المنحنيـــات jig saw والمنشار ذي الطرف الحاد المقوس الشكل Saber saw عند قطع المنحنيات وأنصاف أقطار صغيرة في لوح الأكريليك الرفيع أو في القطع المستقيم في اللوح الأكريليك السميك وتنقســـم المناشير المستخدمة إلى أربعة أنواع:

أ-المنشار اليدوي

المناشير ذات السنون الدقيقة تكون أكثر ملائمة في التعامل مع خامة الأكريليك مـــن تلك ذات السنون الكبيرة، والمنشار الذي يحتوي على حوالي من ١٦ : ١٨ ســـنة / بوصـــة يكون أكثر ملائمة للاستخدام [١٥].

ب-المنشار الآلي الشريطي

يعتبر هذا المنشار مناسبا لقطع ألواح الأكريليك، والنوع المخصص لقطـــع المعـــادن أكثر ملائمة لقطع الأكريليك وذلك لصغر سنونه حتى لا يتسبب في أي أضرار للخامة. ويجب إبقاء الجزء المثبت على السطح الأفقى للمنشار بالقرب من لوح الأكريليك بقـــدر المســـتطاع وذلك لمنع السن من الإعوجاج ويستخدم فى قطع الخطوط المنحنية بالألواح المســـطحة،[١٧] وبفضل استخدام المنشار الشريطى في عملية النشر لألواح الأكريليك وذلك لأن النصل الطويل يسهل عملية تثبيت الحرارة، كما أنه يسهل قطع الاشكال المعقـــدة، والنصـــل ذات الســـنون المتفاوتة تناوبياً Skip tooth يعطى أحسن النتائج (شكل ١١) .وذلك لأن سنونه لا يمكـــن عرقلتها بسهولة، وعادة فإن النصل الذي يوجد به عدد من ٢ : ٤ سنون / ١سم، يعطى أفضل النتائج. وبالنسبة لسمك الخامة حتى ١٢مم فإنه سرعات النصل في المدى من ١٥ : ٢٥م / ث يجب أن تستخدم مع مراعاة استخدام سرعات أقل في الأجزاء الأكثر سمكا[١٤] .

ج-المناشير المتأرجحة والنصف قطرية Swing

تتحرك هذه المناشير بينما يكون العمل المراد قطعه مثبتا جيدا، لكنها تستخدم عادة في قطع الألواح الكبيرة، لأن طول القطع يكون محدودا بحوالي ٢٤ بوصة، ويمكن اســـتخدامها لعمل القطع ذي الزاوية أو القطع المستعرض في الأماكن الضيقة.[١٥]

د-المنشار الدائري

هو أفضل آله ميكانيكية لقطع الخطوط المستقيمة (شكل ١٢) ويجب ألا تكون السنون المستخدمة عريضة جدا. فالنصل المثالي يكون ما بين ٥ : ٣ سنة /١بوصة وذلــك بالنســبة للوح الأكريليك سمك ٣مم، ٨ : ١٠سنة / ١بوصة بالنسبة للوح سمك ١٣مم أو ما يزيد عــن ذلك.

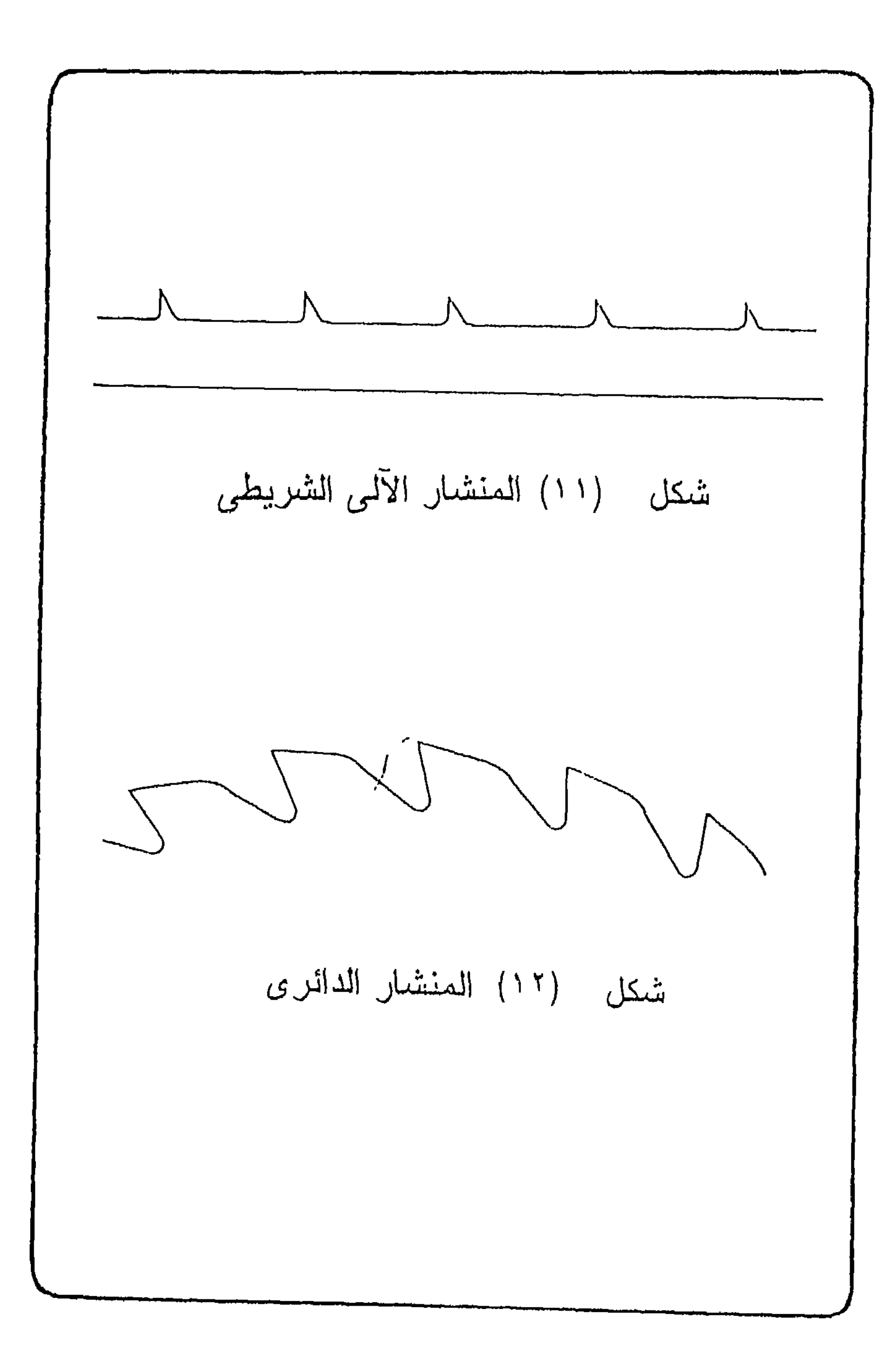
والنصل القرص ذو القطر ١٠ بوصة يجب أن يدور بســرعة حوالــى ٤٠٠٠ دورة مركزيـــة / دقيقـــة، والنصـــل ذو الطـــرف المصنـــوع مـــن مـــادة كربيـــد التنجســـتين Tningsten carbides يعطى تشطيبا رائعا لحواف الأكريليك ولا يحتاج إلى السن المســتمر الذي تحتاج إليه الأقراص أو السنون المعدنية ذات السرعات العالية.

وفي حالة ظهور شذرات يجب تقليل سرعة الشد أو التقليل من دفـــع الخامـــة أمـــام القرص. مع ملاحظة أن بعض الأصباغ المستخدمة في تلوين الأكريليك تتسبب فـــي فقـــدان أدوات القطع لحدتها، لذلك يفضل استخدام نصل من كربيد التنجستن في حالـــة الألـــواح ذات الألوان، أما بالنسبة قطع الألواح الأكريليك الشفافة أو غير الملونة فإنه يمكن استخدام النصـــل المعدنى ذي السرعة العالية.

٣- الخرط

المواد الإكلريكية يسهل خرطها، إلا أنه يجب توخي الحذر لمنع الأكريليـــك مـــن أن يسخن، كما يجب أن تكون أدوات الخرط مشحوذة جيدا وأن يتم تبريدها بشكل صحيح.

ويجب أن تكون زاوية الميل ما بين 15° : 20° وأن تتراوح سرعة الحفر ما بيـــن سرعات عالية تصل إلى ٦٠٠٠ قدم / دقيقة (٣٠٠متر/دقيقة)، وسرعات أقل تصل إلـــى ٧٥ قدم/دقيقة (٢٢متر / دقيقة). وتستخدم السرعات العالية للإزالة الســـريعة للأجـــزاء غـــير المطلوبة وذلك في توافر مادة مبردة، والسرعات الأقل للخـــرط تســـتخدم للحصـــول علـــى تشطيبات ذات كفاءة عالية. مع مراعاة أنه إذا سمح للعده بالبقاء على قطع التشـــكيل بـــدون تحريكها فإنها قد تسبب احتراق المادة [٢].



شكل (١١) المنشار الآلى الشريطى

شكل (١٢) المنشار الدائرى

٤- النقر والتفريز

ماكينات التفريز ذات حواف القطع المصنوعة من المعدن العادية ليست هي الأفضل لقطع الأكريليك وذلك لأن الحزوز الموجودة بها غالبا ما تسد بالرايش الناتج من عملية القطع، وبدلا من ذلك تستخدم القواطع أو الآلات ذات الحد العريض[٦].

ويستعمل قواطع عالية السرعة مع مراعاة انتظام هذه السرعات، ويجوز استخدام قاطع قطره ٥ بوصة وعرضه ١ بوصة عند سرعة ٤٠٠ قدم / دقيقة. ويجب أن نرتد الأدوات المستخدمة دائما للخلف وذلك لإخراج الشذرات وإبعادها ويكون وضع الشمع مفيداً بالأخص في حالات الثقوب غير النافذة حيث إنها تؤدى إلى تنظيف الشذرات كلما تراكمت.[١٥]

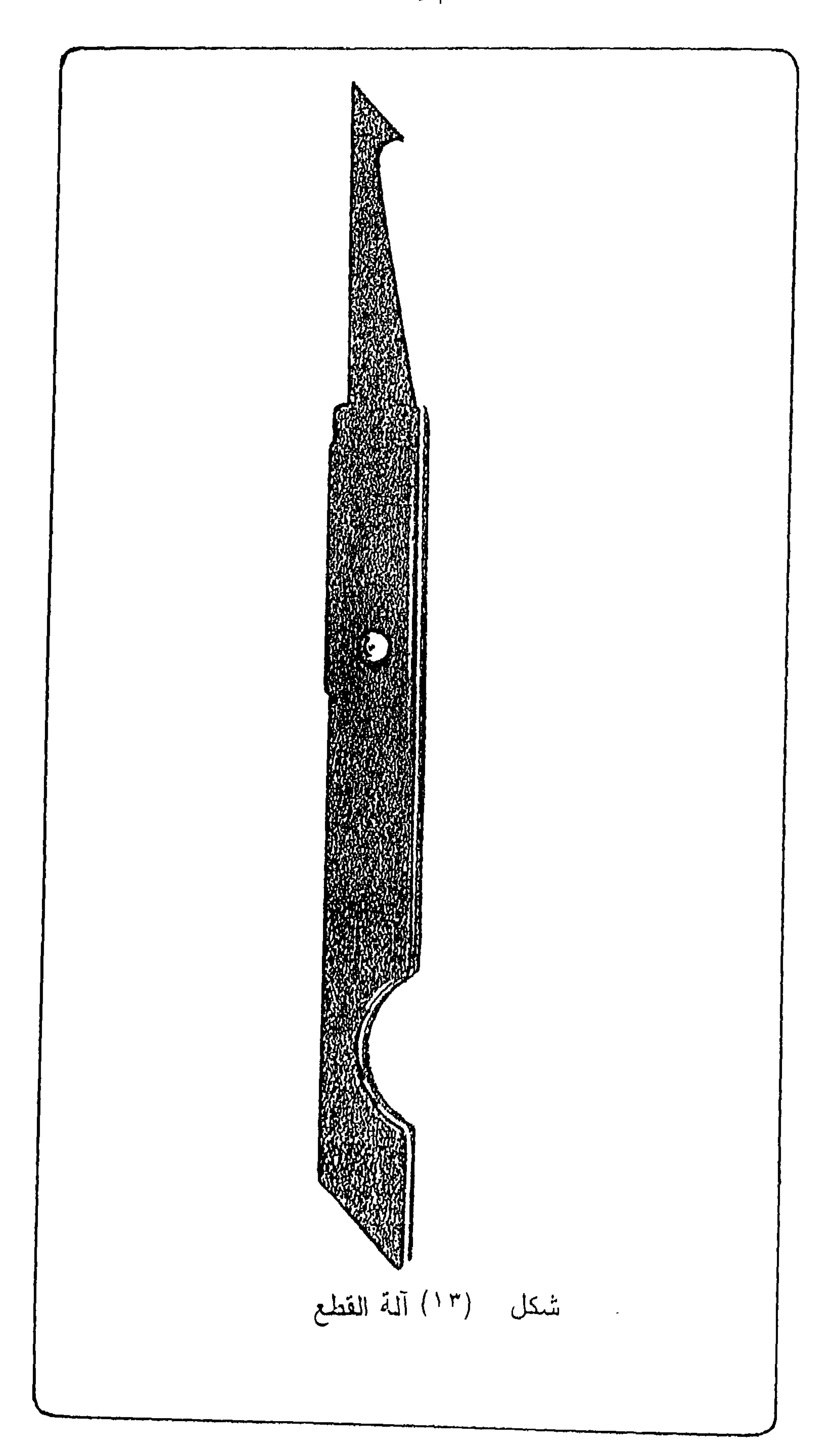
٥- القطع

المواد البلاستيكية لها معاملات صلابة منخفضة حيث أنه إذا لم يتم تدعيم القطعة التي نعمل بها جيدا فإنها سوف تنحرف تحت الضغط الناشيء من اله القطع وسيؤدى ذلك إلى حدوث قطوع غير متساوية.[٢٠]

ويوجد نوعان للقطع حسب نوع الخطوط المراد قطعها:

أ- قطع الخطوط المستقيمة

يتم أخذ حز سطر آله القطع (شكل ١٣) بطول اللوح حتى النقطة التي سيتم القطع عندها، ثم يتم الضغط على اللوح بخفة حتى يذكر بطول هذا الخط حيث يكون هذا الخط هو أضعف نقطة في اللوح. إمسك الآلة بين السبابة والإبهام فمر بها عبر اللوح ثلاث أو أربع مرات باستخدام حافة مستقيمة أو مسطرة من الصلب كي ترشد النصل القاطع. ومن الضروري عمل حز واحد نظيف وذلك للحصول على نتائج جيدة. ثم يوضع اللوح فوق حافة المائدة على أن يكون الحز موضوع مباشرة فوق الحافة، وبضغط بشكل ثابت على الجزء المتولد خارج المائدة من اللوح مع الإبقاء على الجزء الأخر منه مسطحا فوق سطح المائدة، وبزيادة الضغط سينكسر الأكريليك بشكل دقيق بطول الحز المعمول به، وبذلك تكون التشطيبات المطلوبة لتلك الحافة بسيطة، وهي أن يتم عمل صنفرة خفيفة لها بواسطة ورق



شكل (١٣) آلة القطع

صنفرة وذلك لتجهيزها قبل أن يتم صقلها. وتتلائم هذه الطريقة مع الألواح التي يصل سـمكها إلى ٣مم ، أما بالنسبة للألواح التي يصل سمكها إلى ٦مم فإنه يتم عمل حز في كلا السـطحي اللوح وذلك للحصول على قطع نظيفة . ولا توجد حاجة لنزع الورق المغلف للـوح إلا فـي حالة عمل حز على جانبي اللوح، فيكون من المساعد إزالة هذه الورق للتأكد من تطابق الحـز المعمول من الناحتين على اللوح الشفاف.

وإذا كانت المساحة المراد قطعها عبارة عن شريط طويل ضيق، ففي هذه الحالة يكون النشر هو أفضل وسيلة بقطع اللوح حيث أن ضيق المساحة لا يسمح للمتعامل معها بالإمسـاك بقوة بسطحها المفرود كي يتمكن من الضغط على الجزء المتولي خارج حافة المائدة.

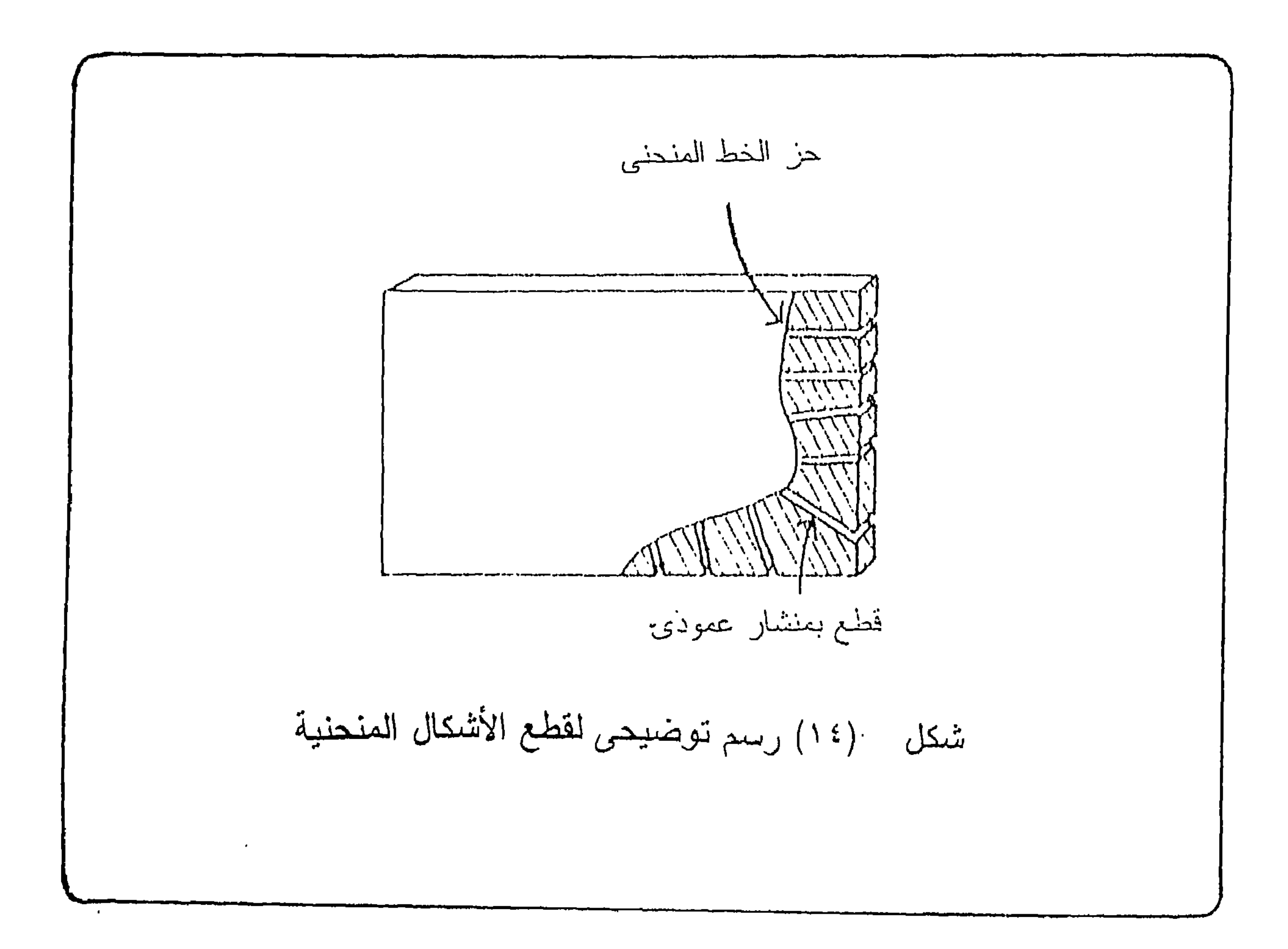
ب-قطع الخطوط المنحية

عند قطع الخطوط المنحنية يكون من الضروري أن نعمق الحز بواسطة تمرير الآلـة عبر الحز عدة مرات، لذلك يجب الاستعانة بلوح خشبي مصمم بنفس شكل التصميم المـراد تنفيذه كي تمر عليه آلة القطع، وحتى بعد أن يتم عمل الخطوط المنحنية بدقة فإن عملية توفير الضغط المناسب على اللوح لن تكون عملية سهلة.

ولقطع محيط الأشكال المتدرجة بشدة تم عمل حز الخط المنحنى على سطح اللوح أول الأمر، يلي ذلك عمل سلسلة من القطوع بواسطة منشار عمودي على الخط المنحنى ثـم تتـم إزالة الرايش أولا بأول وإذا كان حجم الرايش صغيرا الحجم يستخدم الـة عريضـة الفكيـن (زرادية) في إزالته. (الشكل ١٤)

٦- البرد

تعتبر المبرد من العدد الهامة والمفيدة جدا بأشكالها المختلفة، حيث تقوم بتنعيم الحواف والأسطح الصغيرة، وأفضلها المبارد الحدادي[١٤].



شكل (١٤) رسم توضيحى لقطع الأشكال المنحنية

٧- اللفح بالرمال

طرق السطح المصقول بعناية بواسطة الرمال التي يتم قذفها عليه تحت ضغط معين ينتج عنه تأثير وكأنه سطح مسامي، به نتوءات دقيقة جدا، وينقل الضوء بطريقة مماثلة للحزوز التي تنتج عن طريق الحفر، وتتم هذه التقنية بأداة لفح الرمال.

وجوهر هذه التقنية غاية في البساطة فالمساحات التي يجب أن تظل مصقولة بشكل جيد يتم حمايتها، أما المساحات المراد تغيير طبيعة سطحها بشكل به نتوءات، فإننا نعرضها.(٢)

الفصل الثانى
التشكيل الحراري لألواح الأكريليك

التشكيل الحراري لألواح الأكريليك

التشكيل الحراري لألواح الثرموبلاستيك هو واحد من أشمل أو أعم التشكيلات في صناعة البلاستيك، والتي بنى عليها كل إمكانيات التشكيل في خلال الحقب الماضية.

وترجع أقدم أساليب التشكيل الحراري إلى إستخدام مادة gutta percha (مادة شبيهة بالمطاط المستخرج من بعض الأشجار في ماليزيا)، وتلا ذلك استخدام السليوليد، ثم تطورت عملية التشكيل الحراري سريعا، ويرجع ذلك إلى الأساليب المبتكرة في معدات التشكيل، وتطور المواد البلاستيكية الجديدة ذات الخواص الحرارية الخاصة. ومن خلال المعرفة بخصائص هذه المواد وإمكانية تليينها وإعادة تشكيلها بالتسخين، أمكن تطوير تشكيل ألواح الثرموبلاستيك، بطرق متقدمة لتغطية استخداماته على نطاق واسع وبأشكال مختلفة.[١٦]

إن عملية التشكيل الحراري لألواح الثرموبلاستيك تتضمن تسخين اللوح إلى الدرجة التي يمكن عندها أن يتخذ شكل القالب. ويتم دفع اللوح في القالب إما هوائيا أو ميكانيكيا.

دورة التشكيل forming cycle

تشمل دورة التشكيل العمليات الاتية:

أولا: التسخين

ثانيا: التشكيل

وتليهما عملية التبريد

أولا: التسخين

يمكن أن يتراوح تسخين لوح الثرموبلاستيك فيما بين (١٢٠ – ٢٠٠م°) حسب نوع المادة البلاستيكية المستخدمة ومن الضروري التحكم بعناية في درجة الحرارة طوال فترة التشكيل والسيطرة عليها.

وحيث أن مواد البلاستيك موصل ضعيف للحرارة لذلك يجب إعطاء لوح الأكريليك الوقت الكافي لكي تصل الحرارة إلى وسط اللوح على ألا تتعدى درجة الحرارة ١٧٠°م حتى لا يتعرض اللوح للتلف.

والواح الأكريليك التي تعرضت للتشكيل بالحرارة يمكن أن تعود إلى هيئتها المنبسطة بعد تسخينها مرة أخرى . وعندما تبرد يمكنها أن تحتفظ بشكلها الجديد بصورة دائمة وثابتة(٦).

طرق تسخين ألواح الأكريليك:

يمكن تقسيم هذه الطرق إلى جزئين:

١-تسخين مقطع اللوح لثنى موضعي

٢-تلدين اللوح بالكامل

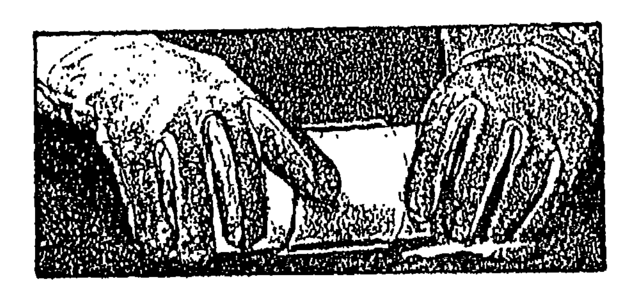
١- طرق تسخين مقطع اللوح لعمل ثني موضعي

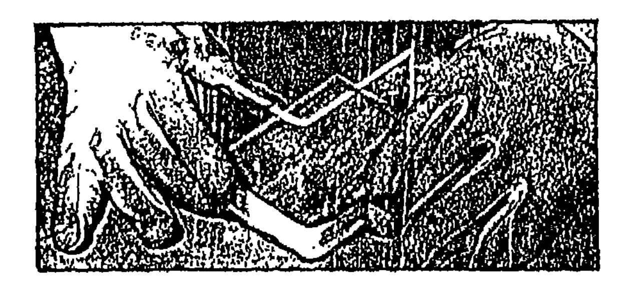
أ- تستخدم مسدسات الحرارة المحمولة portable heat guns ، مثل موديل HG الحراري، وهي بدون لهب وتصل إلى درجة حرارة تزيد عن ٥٠٠°م. وهى تعتبر أسلوبا سريعا وملائما لتسخين الأكريليك، وخاصة تسخين أجزاء معينة فقط من اللوح.

ب- سخانات الشرائح strip heating تستخدم لتسخين الأكريليك بطول خط مستقيم بحيث أنه يمكن ثنيها بطول ذلك الخط. وعادة ما يكون سخان الشرائح سخان كهربي مصنوع من ملف مقاوم من سلك معدني نيكل كروم، وينبغي عزل السلك وحمايته بأنبوبة من الفخار الصيني أو حبات البورسلين، كما يمكن لفه بنحاس أو أنبوبة من زجاج البيركس، وينبغي أن يكون السخان مجهزا بضابط تغير المقاومة لمنع التسخين الزائد للوح الأكريليك. ويمكن استخدام شكل خشبي مناسب للفورمه المطلوبة حتى يتاح عمل معظم التشكيلات باستخدام قالب مناسب لها. (شكل١٥)

٢- تسخين اللوح بالكامل

يتم تلدين لوح الأكريليك عند تسخينه لدرجات حرارة تبلغ نحو ١٤٠ – ١٧٠°م وفي هذه المرحلة يصبح اللوح في حالة مرنة ومطاطية وشديد القابلية للثنى. وقد يتشكل إلى مجموعة متنوعة من الأشكال الثلاثية الأبعاد (وينبغى السماح لها أن تبرد ببطء وبانتظام ويساعد التبريد البطيء المنتظم في تقليل الشد الداخلي).(١٥)





شكل (١٥) التشكيل باستخدام قوالب خشبية مناسبة

ويمكن تسخين لوح الأكريليك بطريقتين:

أ- طريقة التسخين المشع

ب- التسخين باستخدام أفران

أ- طريقة التسخين المشع

تعتبر طريقة التسخين المشع من أكثر الطرق شيوعا ذلك لأن الأشعة تحت الحمراء التي تنبعث من مصدر حراري قوته من ٤٢٦ : ٦٤٥ °م يتراوح طولها الموجي فيما بين ٣ إلى ٤ ميكرون وهذا المدى هو أفضل مدى بالنسبة لألواح البلاستيك لكي تمتص تلك الطاقة الإشعاعية. والوقت الذي تستغرقه السخانات في التسخين يعتمد على أربع عوامل:

- درجة حرارة المسخن
- قوة المسخن بالوات / قدم مربع
- المسافة بين المسخن واللوح
- الحرارة الإشعاعية التي تمتصها خامة اللوح

وكلما زادت درجة الحرارة يقصر مدى الطول الموجي، وامتصاص ألواح البلاستيك للموجة الحرارية القصيرة منخفض. وعموما فكلما زاد الإشعاع الحراري مع الحرارة المرتفعة، فإنه يتم امتصاصها بكفاءة أقل.[١٧]

وتستخدم سخانات الأشعة تحت الحمراء من نوع السيراميك حيث تركب مجموعة من هذه الوحدات في لوحة واحدة لتشكيل لوح التسخين حسب المقاس المطلوب، وبذلك يمكن التحكم الحراري في بعض أجزاء من اللوح إذا كان ذلك مطلوبا ويتم تحرك هذه الوحدات يدويا أو ميكانيكيا.

والواح الثرموبلاستيك التي يزيد سمكها عن ١,٥مم يجب أن تسخن ببطء شديد (يمكن عمل تسخين مبدئي لها في فرن هواء ساخن للتقليل من زمن التسخين أثناء عملية التشكيل).

وتحتاج ألواح البوليمر الأكثر سمكا إلى سخانات ذات شطرين وذلك للتقليل من مرات التسخين، وأيضا حتى يتم التسخين بطريقة متساوية فى جميع أجزاء اللوح ويختلف وقت التسخين من نصف دقيقة إلى خمس دقائق تبعا لنوع الثرموبلاستيك وسمك اللوح.[١٦]

فقد يتنوع زمن التسخين الإشعاعي لألواح الأكريليك فالألواح التي يبلغ سمكها ٣مم يتم تسخينها من جانب واحد لمدة ٣ دقائق بالمقارنة بنحو عشرة دقائق بالنسبة لتسخين فرن الهواء.[١٥]

ب- التسخين باستخدام الأفران

يجب أن يتم استخدام فرن ذي تحكم بواسطة ثرموستات للاحتفاظ بدرجات الحرارة ما بين ١٣٠° ١٦٠°م، ويفضل استخدام قفاز عازل للحرارة ـ يغطى بمادة الأسبستوس للإمساك بالخامة الأكريليكية الخارجة من الفرن مع مراعاة استخدام قطعة من قماش الكتان الناعم حول الأكريليك في المكان الذى سيتم الثنى فيه حتى لا تحدث أية علامات على السطح.[٢]

ثانيا : التشكيل

هناك تصنيفات رئيسية للتشكيل الحراري بعده تنويعات في نطاق كل تصنيف:

١-التشكيل بتفريغ الهواء

٢-التشكيل بالضغط

٣-التشكيل بالقوالب المتوائمة.[٩]

١- التشكيل بتفريغ الهواء:

لقد استخدمت هذه الطريقة إبان الحرب العالمية الثانية لصنع ألواح سميكة من خلات السيليلوز وبعد ذلك الأكريليك، وكانت الطريقة المتبعة أن يتم تسخين ألواح البلاستيك الشفاف في فرن مناسب حتى تصبح لينة وهى ساخنة فوق قالب بالشكل المطلوب وقد يستخدم الضغط المشكل على هذه الألواح بواسطة كيس من المطاط بعد نفخة تبعا لدرجة الضغط المطلوبة. ثم استحدثت طرق أخرى يستخدم فيها ضغط الهواء مباشرة على الألواح الساخنة

فيحملها على الالتصاق الدقيق بتجويف القالب الذي يصنع إما من المعدن أو الخشب أو المصيص.[٣].

والتشكيل بالتفريغ يعتبر بصفة عامة أقل عمليات التشكيل الحراري تكلفة لأن القالب يكون مصنوعا من قطعة واحدة ومن بنية بسيطة.

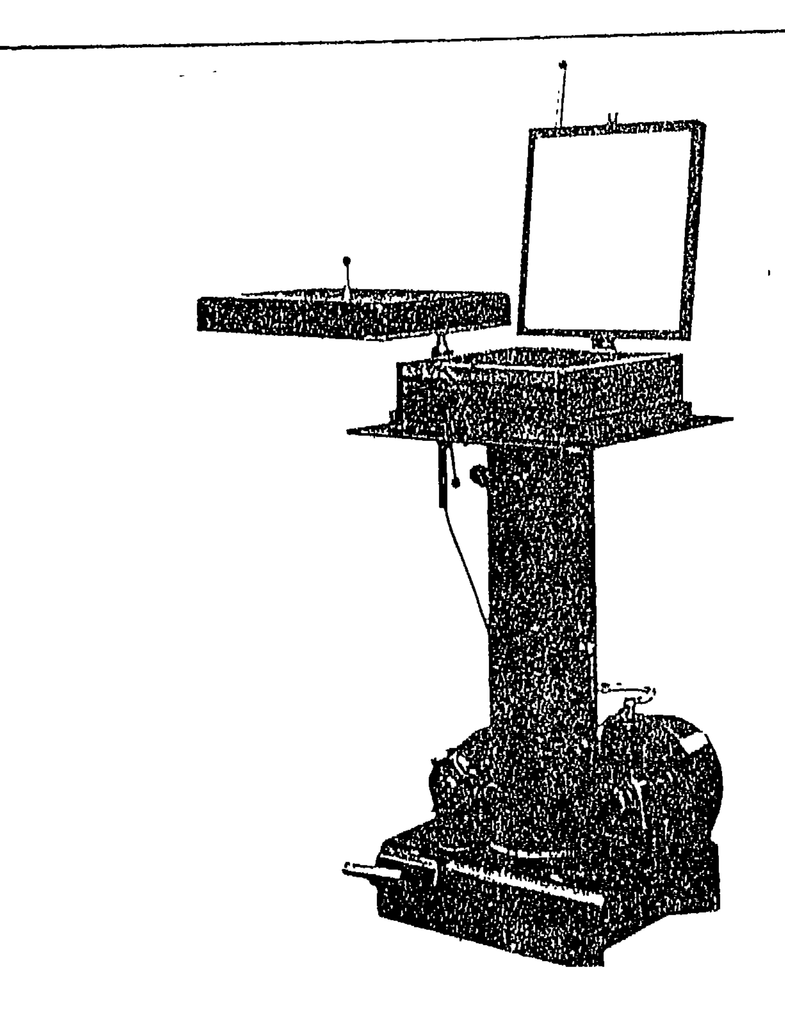
وتتكون معدات التشكيل بالتفريغ من صندوق يمكن تفريغه من الهواء عن طريق فتحة متصلة بوحدة تفريغ وسطحه العلوي مزود بإطار محكم. ويمكن أحكامه بواسطة "مشابك" لتثبيت الألواح، ويتكون كذلك من وحدة تسخين، وهذه يمكن التحكم في ارتفاعها ودرجة حرارتها، حيث يوضع القالب في قاع الصندوق بعد ثقبه بعدد من الثقوب الرفيعة، ويوضع لوح البلاستيك المطلوب تشكيله فوق سطح اللوح، وعلى مسافة مناسبة منه (١٢٧ : ١٥٢مم) لإمكان تسخين اللوح بطريقة متجانسة قدر الإمكان. وعندما تصل حرارة اللوح إلى ما يسبق درجة انصهاره يصبح البلاستيك لينا ــ ويسهل تطويعه ــ ثم يتم إبعاد وحدة التسخين ويتم تفريغ الهواء بواسطة مضخة التفريغ، وعندئذ يسحب اللوح على الداخل حتى يلتصق بالقالب، ويمثل نسخة دقيقة لتفاصيل القالب. وعندما يبرد العمل ويتصلب يمكن فصله عن القالب ويتم تهذيب الحواف. (شكل ١٦)[١٦]

ويمكن أن تؤدى عملية التشكيل بتفريغ الهواء إلى حدوث شروخ إذا لم تؤخذ احتياطات كافية أثناء تلامس اللوح الساخن مع القالب البارد. حيث أن الأجزاء التي تتلامس مع القالب في البداية تبرد بسرعة أعلى نسبيا من باقى الأجزاء، وبذلك يتركز التشكيل في الأجزاء التي لا تزال ساخنة ويقل سمكها، يمكن أن تؤدي إلى حدوث كسر.[٨]

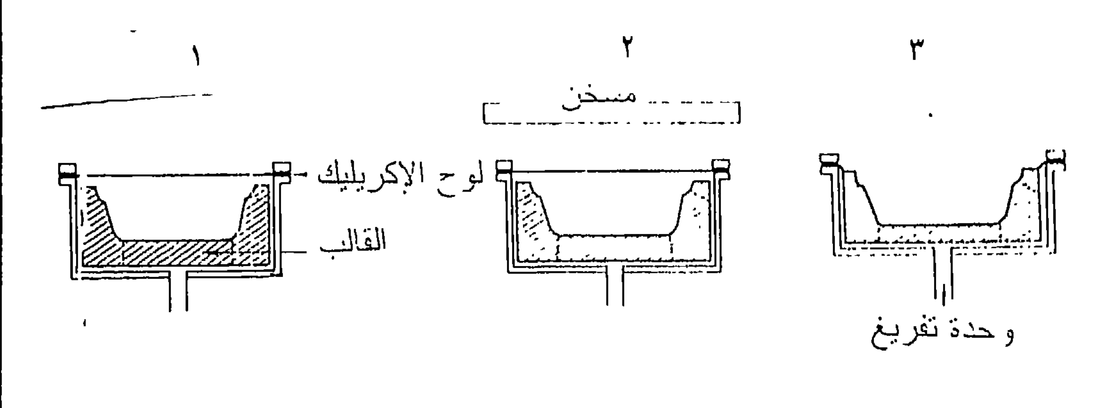
لذلك يمكن تعديل جهاز التفريغ البسيط لإمكانية التحكم في سمك اللوح أثناء عملية التشكيل وإمكانية تنفيذ أشكال معقدة. أو إنتاج وحدات متعددة بالأساليب التالية:

١-استخدام ضواغط آلية لتثبيت اللوح على الإطار

٢-استخدام روافع لرفع القالب داخل صندوق التفريغ إلى أعلى لإمكان ضغطه من أسفل إلى لوح البلاستيك وذلك قبل إجراء عملية التفريغ وهذا في عملية تشكيل مبدئي للوح



ماكينة التشكيل الحرارى بالتفريغ



شكل (١٦) مراحل التشكيل الحرارى

ويسهل استكمال التشكيل وكذلك يسهل سحب العمل من القالب بعد ذلك. (شكل ١٧)

٣- يمكن عن طريق صمامات خاصة ــ دفع هواء في صندوق التفريغ بعد تسخين اللوح، حيث يتكون شكل محدب قبل رفع القالب ويمنع تواجد أماكن رقيقة من اللوح عند الزوايا الحادة أو الأماكن البارزة من اللوح، وبذلك يصبح العمل ذو مقطع متجانس نسبيا. (شكل ١٨). (تستخدم في حالات التصنيع خلية ضوئية للارتفاع المطلوب للبالون بحيث لا يزيد عن الحد المطلوب حيث يتوقف ضغط الهواء عند قطع الشعاع) [١٦]

٤- كذلك يمكن استخدام تشكيلات عكسية للقالب، وفى هذه الطريقة يثبت اللوح وبعد تسخينه يتحرك السنبك البارد (شكل ١٩) ليلامس اللوح الساخن عند الأطراف المطلوب أن تظل سميكة فتتجمد ثم يتم إتمام عملية التشكيل باستخدام التفريغ.

٥- التشكيل باستخدام سنبك مع الضغط أو التفريغ، وفى هذه الطريقة يمكن التحكم في سمك الأطراف التي تمثل نقاط ضعف بالنسبة للوح المشكل، حيث تبدأ عملية التشكيل قبل الطرق السابقة بتثبيت أطراف اللوح ثم تسخينه، ثم باستخدام الهواء المضغوط يتم تشكيل اللوح إلى أعلى على هيئة قبة، ثم يشكل في الاتجاه المعاكس باستخدام السنبك، ثم يتم تحويط الأكريليك على السنبك، ليأخذ الشكل النهائي بمساعدة التفريغ أو الضغط (شكل ٢٠)[٨].

القوالب المعدة لعمليات التشكيل بتفريغ الهواء

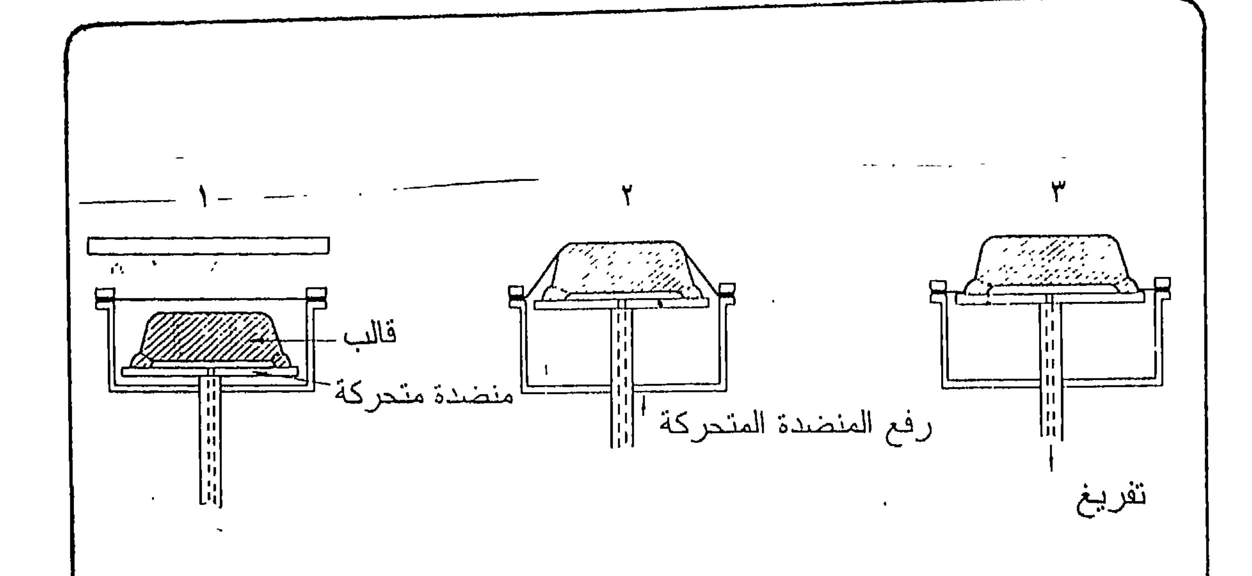
ولإتمام عملية ناجحة أثناء التشكيل بتفريغ الهواء يجب مراعاة بعض النقاط المتمثلة فى طبيعة القالب المناسب المعد لهذا النوع من التشكيل وهى

١-زيادة عدد قنوات التهوية خاصة فى المناطق التى يصعب للأكريليك الوصول إليها فى حال استخدام قوالب معقدة التصميم.

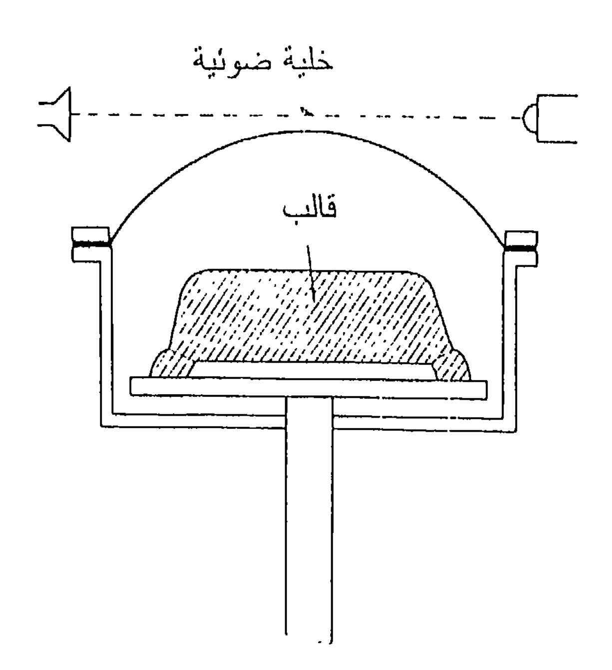
٢-مراعاة إعادة تسخين لوح الأكريليك مرة أخرى فى حال عدم الألتصاق التام للأكريليك على سطح القالب.

٣-إزالة الحواف الحادة فى القالب والتى تتسبب فى حدوث انبعاج فى لوح الأكريليك.

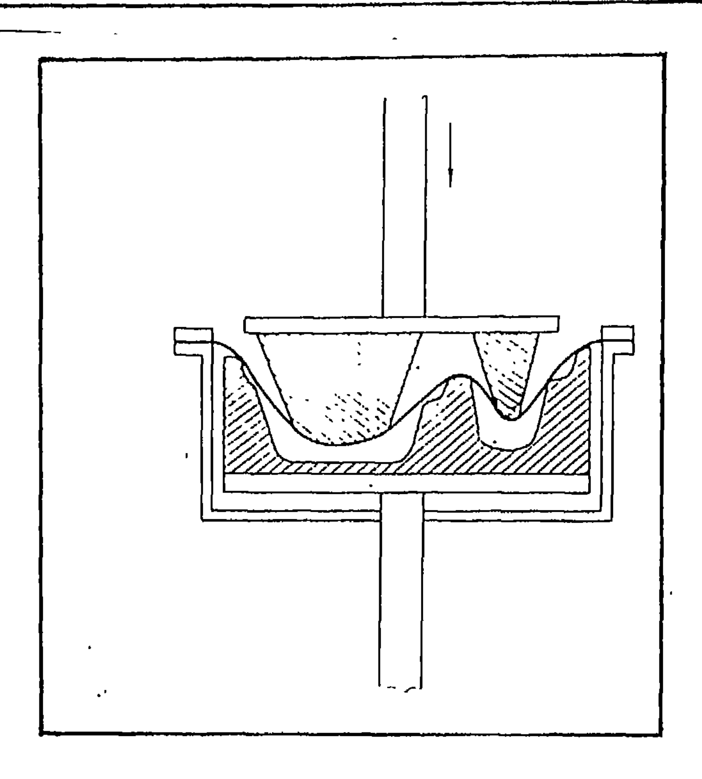
٤-توسيع الفراغات بين المناطق المرتفعة فى القالب.



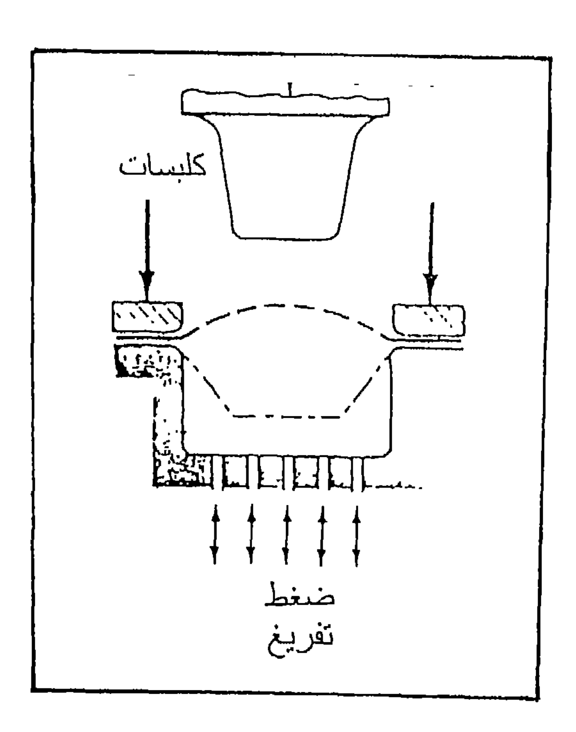
شكل (١٧) رفع القالب قبل عملية تفريغ الهواء



شكل (١٨) دفع هواء فى صندوق التفريغ بعد تسخين اللوح



شكل (١٩) التشكيل باستخدام السنبك



شكل (٢٠): التشكيل بالضغط والسنبك

٥-إمكانية حل القالب بسهولة من اللوح المشكل والقوالب يمكن أن تصنع من الخشب أو الجص أو المعدن أو الراتنج المستقر حراريا. ويحفر بالقالب ثقوب يصل قطرها إلى حوالى ١مم وبذلك يكون القالب جاهزا للاستخدام.

٢- التشكيل بالضغط:

يسمى أحيانا "التشكيل بنفخ الهواء"، يتعامل مع سطح الأكريليك ويوجد طريقتان أساسيتان هما:

١- التشكيل المباشر بالضغط

٢- التشكيل الحر

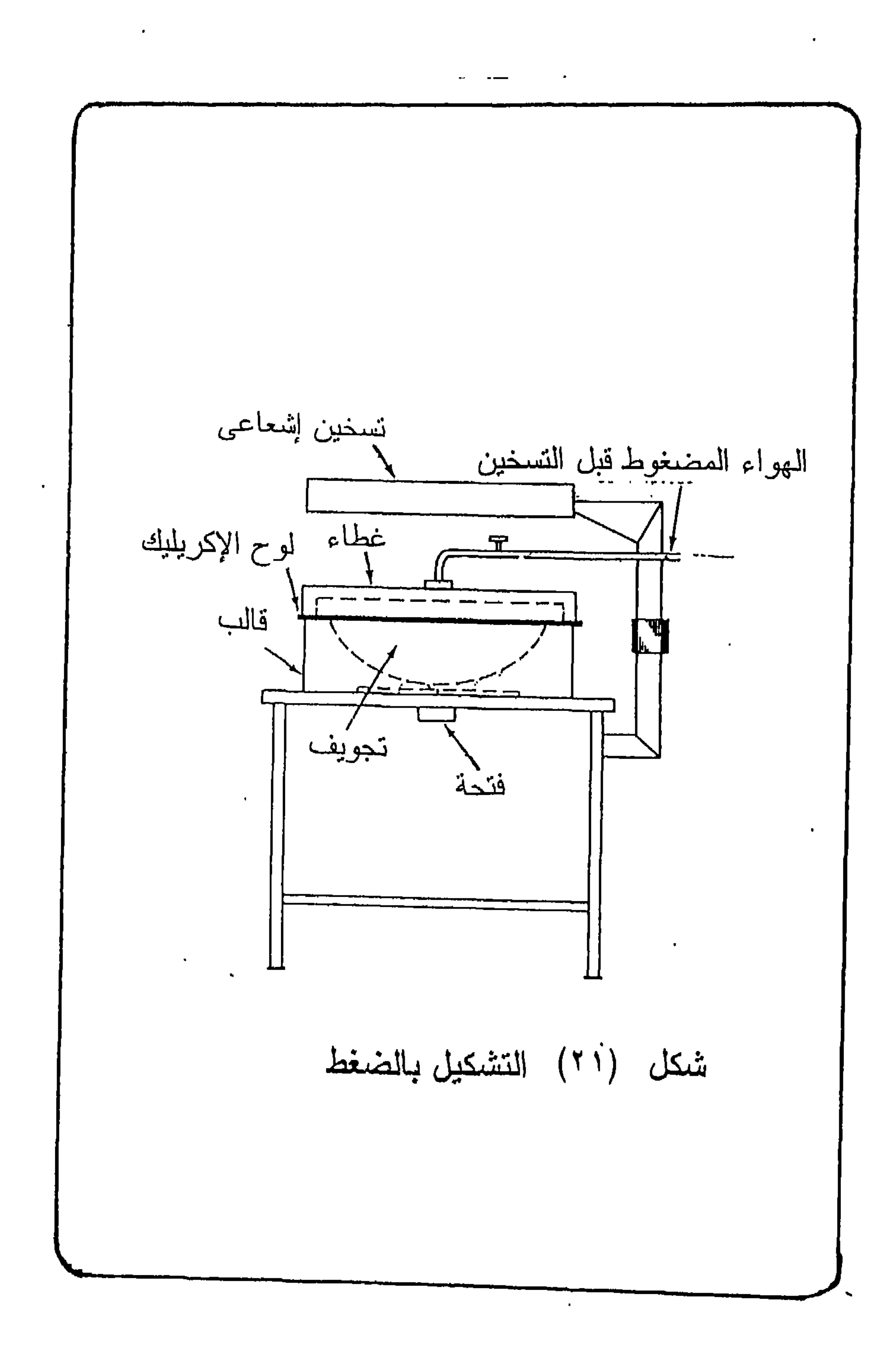
أ- التشكيل المباشر بالضغط:

يتكون من قالب سلبى Negative Mold، توضع فوقه لوح الأكريليك مثبتا بالمشابك كما في (شكل ٢١)، ويتم تسخين اللوح، ثم يغطي اللوح الساخن بسرعة بواسطة غطاء، ويدفع هواء ساخن بضغط خلال الغطاء، وعندئذ يندفع اللوح على القالب، ويتسرب أى هواء محبوس أسفل اللوح خلال ثقوب في القالب، وفي قاع الصندوق، وبعد التبريد يفع اللوح المشكل من القالب.

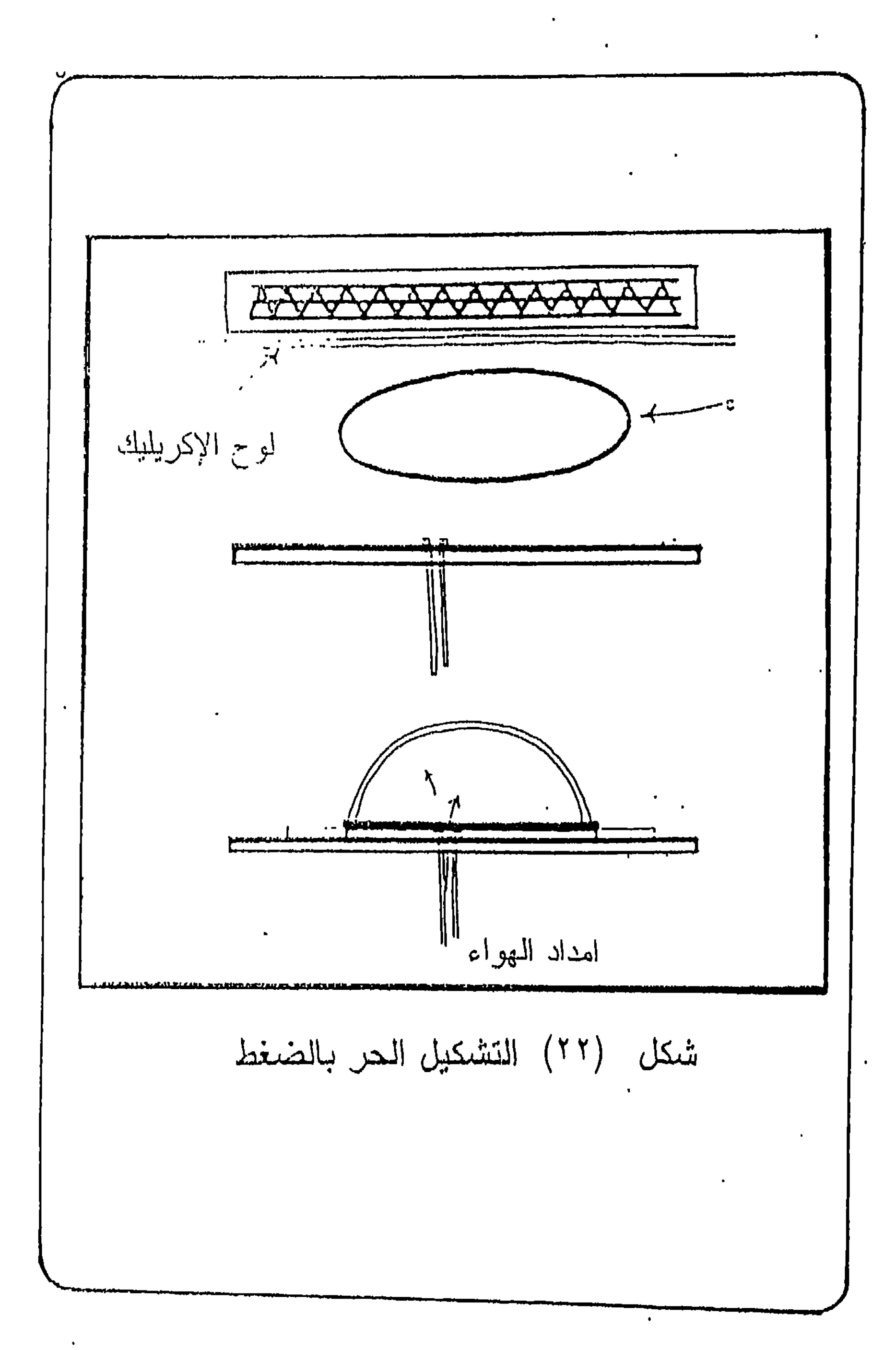
ب- التشكيل الحر:

هى طريقة بسيطة لإنتاج أشكال بسيطة ومعقدة حيث يوضع لوح ساخن من مادة الأكريليك بكلابات تحت ياقة لها شكل معين وسطها فتحة متصلة بمصدر هواء، وعندما يدخل الهواء فهى تنتفخ ويمكن تحديد شكلها بشكل الياقة، ونجد أن الفقاعة عندما تبرد تحتفظ بشكل النفخ ومن الممكن وضع القالب فوق الياقة لإنتاج مختلف الأشكال والهيئات (شكل ٢٢)[١٨].

وتتميز الأعمال المشكلة بهذه الطريقة بشفافية ضوئية عالية ويستخدم هذا التشكيل في عمل قباب بعض المباني أو المقصورات الخاصة بالطائرات. ويستعمل النفخ لإنتاج أنصاف الوحدات التي تضم بعد ذلك إلى بعضها للصق الأنصاف اليمينية إلى اليسارية[١] ولقد نفذت إحدى الشركات الأمريكية طريقة اقتصادية حيث يبثق الأكريليك أولا على هيئة أنبوبة ثم تنفخ وهى مازالت ساخنة مرنة داخل الشكل المطلوب[٣].



شكل (٢١) التشكيل بالضغط



شكل (٢٢) التشكيل الحر بالضغط

٣- التشكيل بالقوالب المتوائمة:

هذه الطريقة تطلب نصفي قالب، حيث يتم تسخين لوح الأكريليك ليصل لدرجة ليونته، ثم يتشكل باستخدام الضغط الميكانيكى بين نصفي القالب. ويبين (شكل ٢٣) أسلوبا مبسطا للعملية، وحيث أن كلا من نصفي القالب يتصلان بكل سطح اللوح فإنه من الضروري أن يكون سطحي القالب مصقولين بدرجة مرتفعة أو يشكلا تبعا لمتطلبات التشكيل.

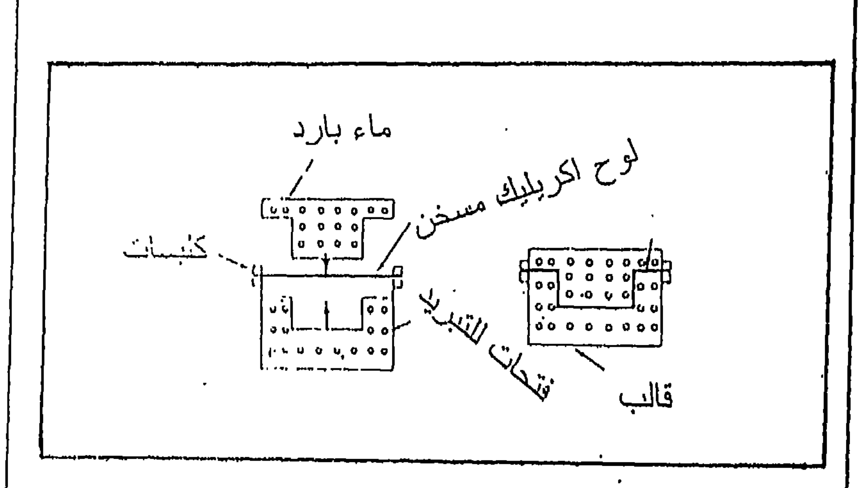
وعادة ما تصنع القوالب من الألومنيوم أو الصلب، وتوضع في مكبس مائي أو هوائي، ويوضع اللوح الساخن بين نصفي القالب ويغلق المكبس، وعادة ما يبرد القالب بالماء، للتحكم في درجة حرارة القالب.[١٩]

وتعتبر هذه الطريقة أكثر طرق التشكيل الحراري تكلفة، وذلك لأنها تتطلب نصفي قالب، وهى تتعامل مع الألواح ذات المساحات الكبيرة، بتفاصيل ليست عميقة، وكما إنها تعطي سمكا متجانسا للوح المشكل، وتوضح تفاصيله الحادة، وهى من أسرع طرق التشكيل الحراري[١٧]

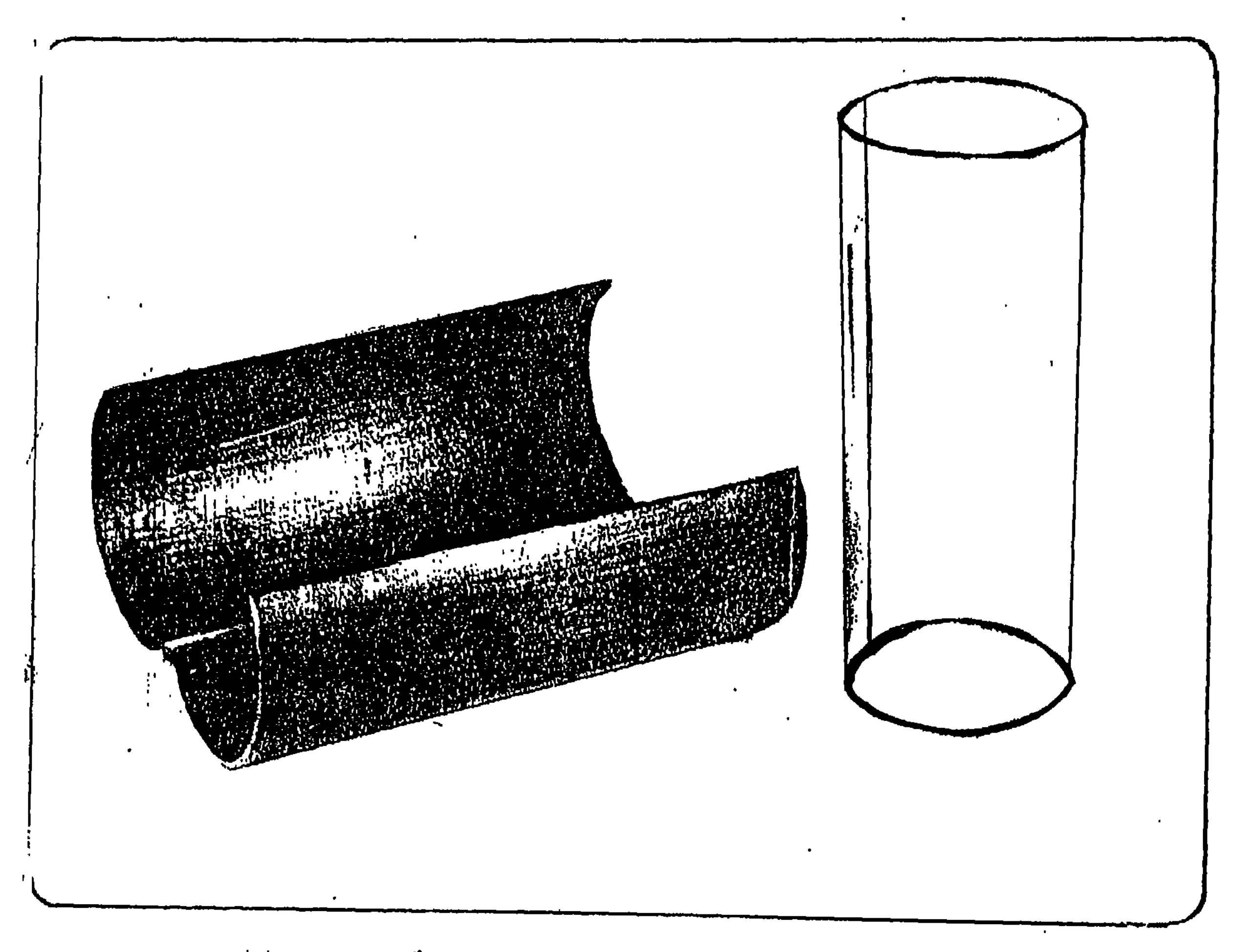
وهناك طريقة أخرى للتشكيل باستخدام نصفي القالب وفيها يكون القالب عبارة عن كتلة خشبية مجوفة ذات سطح أملس لا يوجد به أى شائبة، ويجهز لوح الأكريليك حيث تقطع حوافه وتلمع (إذا أردنا) ونضعها داخل القالب ونسخنها ببطء إلى درجة الحرارة المطلوبة في فرن إلكتروني، ومن الضروري أن تتم عملية التبريد ببطء وانتظام لكي لا يحدث انبعاج أو انحناء، وتتم بواسطة وضع قطعة من القماش الناعم فورا على السطح بعد عملية التسخين، ثم يوضع النصف بالموجب للقالب فوق القماش، ونظرا لأن الخشب مادة عازلة فإنه يسمح للإكريليك بالتبريد البطيء وبسبب طبيعة وزنه فإنه يساعد الأكريليك على المحافظة على شكله وأخذ شكل القالب.

طريقة عمل أشكال إسطوانية من لوح الأكريليك

يبدأ العمل في وجود قالب أسطواني من نصفين، يصنع من لوح مجوف من مادة ثقيلة بسعة مناسبة، أو من الحديد المطاوع كشريحة أسطوانية ذات وزن خفيف ومكون من جزئين بالطول وبهما مفصل بطول الحافة بحيث يكون القطر الداخلي هو القطر الداخلي المطلوب للإسطوانة (يحدد القطر حسب قطر الإسطوانة المطلوب تنفيذها) ثم يقطع لوح الأكريليك بعناية بالحجم الصحيح ويسخن في الفرن، حتى يصبح لينا، ثم يوضع بالقالب حتى لا تظهر علامة الوصلات الطويلة على سطح الإسطوانة (شكل ٢٤).



شكل (٢٣) التشكيل بالقوالب المتوائمة .



شكل (٢٤) قالب معدنى لتشكيل اسطوانة من الإكريليك

أما إذا أردنا تشكيل أسطوانة مفردة فإننا نستخدم أنبوبــة مــن الكرتــون أو الــورق المقوى، وتلتصق الحواف المفتوحة بلاصق إكريليكي وقبل تجميع الحواف فإنه من الضروري ملاَهم لضمان وصلة جيدة بحيث تكون الحافتاين متلامستين على كل حد طولـــهما حيــث لا داعي للضغط أثناء ثبات اللاصقة.[٢]

تقسية لوح الأكريليك

هذه الطريقة تساعد على تقليل الضغط الداخلي الذي نشأ خلال التعامل مع الأكريليــك بواسطة الماكينات أو خلال عمليات التشكيل، والعمل يتم تقويته عن طريق تعريضه لتســخين طويل في درجات حرارة مرتفعة، يعقبها تبريد بطئ ودرجات الحرارة هـــذه تكــون تحــت درجات حرارة التشكيل من ٧١° – ١١٠°م وتستمر من ساعتين إلى ٢٤ ساعة، وتؤدي هــذه الطريقة إلى حدوث ثبات كبير في الأبعاد ومقاومة كبيرة للتشقق، كي تساعد أيضا فـــي قــوة اللحامات.[١٥]

الفصل الثالث

التشكيل بالصب

التشكيل بالصب

من أبسط طرق إكساب اللدائن أشكالا معينة صبها في قوالب، فعندما تكتسب اللدائن تركيبها الكيميائي النهائي المطلوب، فيمكن تسخينها حتى تلين بالدرجة الكافية، ثم تصب وتترك لتبرد فتتجمد بالتدريج. وفي بعض الأحوال يتم التفاعل نفسه بالتسخين أثناء عملية الصب وذلك ما يحدث في المنتجات الإكريليكية.(١)

فقد تكون مساحيق التشكيل محدودة الاستعمال نظرا لأن تشكيلها يحتاج إلى مكابس ضخمة معقدة وقوالب عالية التكاليف، أما إذا كان البلاستيك على هيئة عجائن أو محاليل سائلة فإنه يمكن صبها في قوالب من الخشب أو الرصاص أو السبائك المعدنية أو بعض المواد المرنة (حينما يراد صب وحدات معقدة دقيقة التفاصيل) (٢)

ويحضر خليط من المونمر ومن المادة المتبلمرة السميكة السائلة أو المسحوقة، (حيث أن بوليمرات الأكريليك تذوب في المونمر) ويصب الخليط وتتم عملية البلمرة في القوالب بعد إضافة عامل مساعد قوى.

ولقد ساعدت عملية الصب أكثر من أي عملية أخرى على التقدم في تشكيل اللدائن وإنتشارها، وبواسطتها أمكن الحصول على عدد كبير من المنتجات.

وتنقسم عمليات الصب من حيث صورة المادة الخام التي يتم تشكيلها إلى عملية تشكيل مادة خام في الحالة المتعجنة وعمليات تشكيل في الحالة السائلة.

أولا: عملية التشكيل في الحالة المتعجنة

تنقسم أى عملية من عمليات تشكيل العجائن إلى مرحلتين رئيستين:

١-عملية كيميائية يحدث فيها تغير في بنيان البلاستيك لتكوين البوليمر

٢-تشكيل المادة إلى الهيئة المطلوبة

إن الغالبية العظمي للّدائن الحرارية تتصف بلزوجة عالية حتى في درجات الحرارة العالية وعليه فإن تشكيلها يتطلب تعريضها لضغط خارجي ويطلق على طرق التشكيل في هذه الحالة تشكيل في الحالة المنصهرة أو Melt processing .

ويتم تشكيل اللدائن الحرارية بعد تسخينها لدرجة حرارة أعلى من درجة حرارة الصهر للدائن المتبلورة Tm وأعلى بكثير من درجة حرارة التحول الزجاجي للدائن غير المتبلورة Tg ، كما يتم التبريد تحت هاتين الدرجتين، وعليه فإن كل من عمليتي التسخين والتبريد تكون ضرورية لإتمام التشكيل.[٨]

وتتم عملية التشكيل للعجائن بثلاثة طرق:

١-التشكيل المباشر في القالب

٢-الحقن

٣-البثق

١- التشكيل المباشر في القالب

لا شك أن الفنان يجد مزيدا من الاستعمالات لعجائن البلاستيك ومحاليله السائلة التي يمكن استخدامها عن طريق السبك إذ يعد أولا قالبا من المعدن مقسم إلى نصفين حتى يسهل إزالة الوحدات عندما يتم صنعها، ثم يصب فيه عجينة مناسبة ثم يلف القالب حتى يتم تغطية السطح الداخلي بشكل منتظم ويفرغ بعد ذلك الفائض من العجينة المنسابة، ويسخن القالب بسرعة إلى درجة كافية لجلتنة طبقة البلاستيك، بحيث لا تصل إلى درجة تكوين الفقاعات وأخيرا يفتح القالب المعدني وترفع الوحدة المسبوكة رقيقة الجدران.

- التشكيل اليدوى المباشر:

ويمكن تشكيل عجائن البلاستيك الثقيلة والمنسابة دون الاستعانة بالقوالب، بواسطة التشكيل اليدوي البسيط حيث يتميز البلاستيك عن هذه المواد التقليدية بأنه أكثر ثباتا في الشكل ولا يصير إلى الصلابة الهشة. كما أنه يتيح مجالات واسعة لاستخدام التأثيرات اللونية الثابتة[٣]

٢- التشكيل بالحقن

تمتاز الراتنجات المتلينة بالحرارة بمقدرتها على التشكيل بالحقن بسهولة بالغة. ويمكن استخدام التشكيل بالحقن في صناعة وحدات تبلغ من الكبر حجم باب ثلاجة يزن ٥٥ رطل. ويجب أن نقدر أن التشكيل بالحقن الذى يتضمن ضرورة رفع درجة الحرارة لكمية كبيرة

نسبيا من المواد البلاستيكية فوق درجة انصهارها لا يمكن استخدامه بأمان إلا في حالة المواد المعروفة بتلينها بالحرارة والتي لا تعاني أى تغير كيميائي عند تسخينها.[١]

وقد تطورت عملية التشكيل بالحقن عن طريق السبك بالاسطمبات في المعادن إلا إنها تختلف عنها في أن البلاستيك لا ينصهر بل يبقى في حالة لزجة، وفى إنها لا تحتاج إلا إلى حرارة منخفضة لتليين البلاستيك لسهولة انسيابه، وكنتيجة لذلك لا يتطلب الجسم إلا زمنا قصيرا للتبريد كي يجمد ويصل إلى درجة من البرودة يمكن معها رفعه باليد.[٣]

القالب

يتكون القالب من نصفين يتم غلقهما بواسطة اسطوانة هيدروليكية ذات قدرة عالية ويحتوي على فتحات دقيقة للتخلص من الغازات والهواء.

آلة الحقن

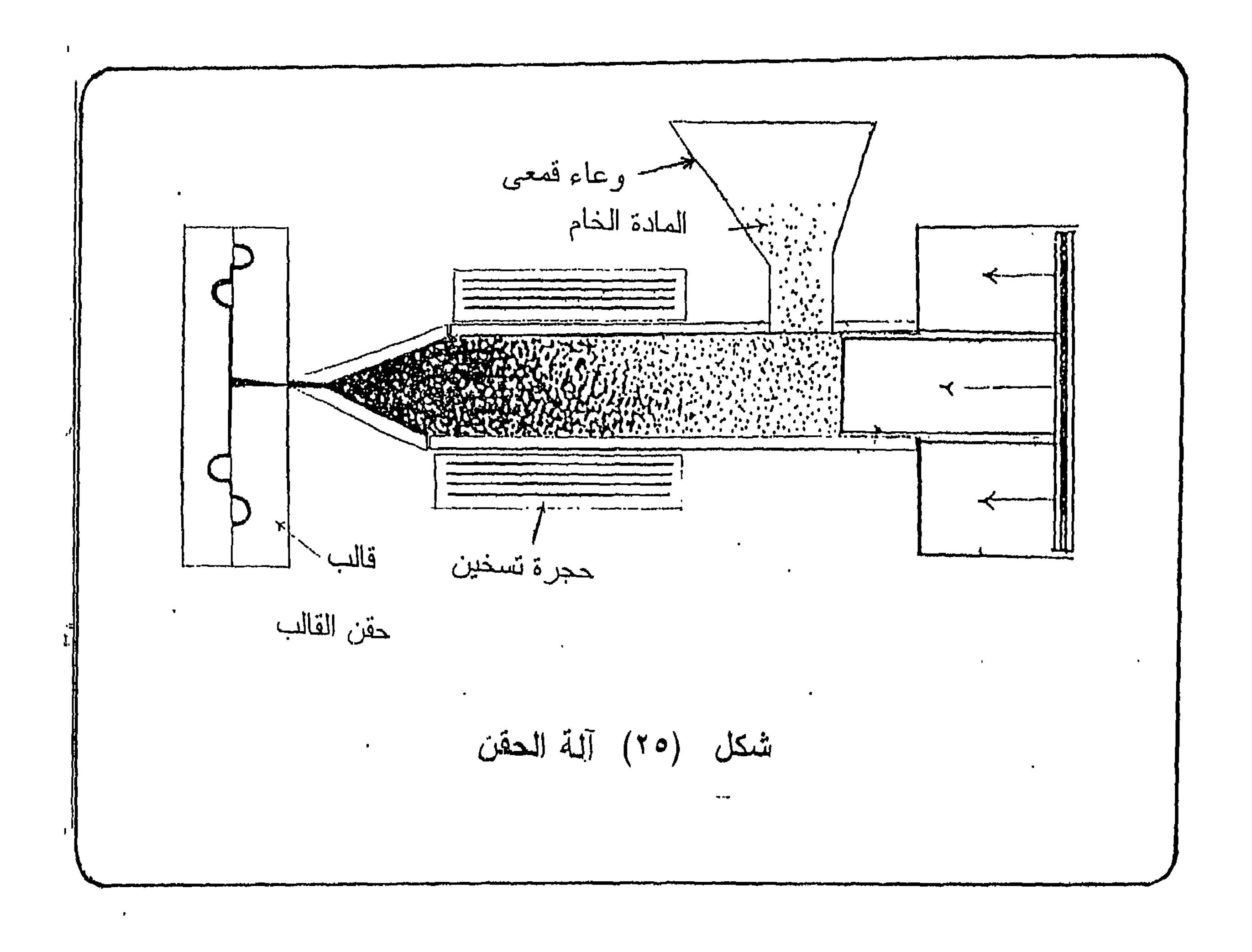
تتكون من أجزاء أساسية قياسية كما هو موضح في (شكل ٢٥) يتم تغذية البوليمر خلال قمع إلى إسطوانة الحقن والتي يتم تسخينها عند النهاية ناصية القالب لتسخين البوليمر لدرجة حرارة الحقن والتي تعتمد على أن يتم تسخين اللدائن الحرارية حتى درجة الحرازة فوق درجة الانصهار ما بين ١٧٠° – ٣٢٠°م ويتم الإحتفاظ بدرجة حرارة القالب عند ٩٠°م ويتم الحقن بمعدل ٢ – ٦ دورة / دقيقة.

ويتم الحقن عند ضغوط عالية تصل إلى ١٤٠ ميجا باسكال تؤدي هذه الضغوط العالية إلى إندفاع البوليمر خلال قناة الدخول وإرتفاع درجة حرارته حتى ١٥٠ – ٢٠٠°م عند قناة الدخول.

وعلى وجه العموم، فإنه للحصول على تشكيل سليم من عملية الحقن، يجب العناية بالمؤثرات التالية مجتمعة:

- درجة حرارة التسخين والتبريد
- سرعة الحقن
- اختيار قنوات وفوهات الدخول

ويؤدي استخدام سرعات حقن عالية جدا إلى تآكل سريع لبعض أجزاء القالب، ويعتبر التحكم في درجة الحرارة غاية في الأهمية وخصوصا عند قناة الدخول ، ففي حالة حدوث انخفاض سريع لدرجة الحرارة عند قناة الصب يحدث انسداد لقناة الصب، بينما يؤدي الارتفاع السريع في درجة الحرارة إلى منع التجمد.



شكل (٢٥) آلة الحقن

ويجب اختيار نظام قنوات وفوهات الدخول بعناية، ويمكن أن يؤدي استخدام فوهات دخول كبيرة إلى ارتداد جزء من البوليمر عند إزالة ضغط الحقن، كما يمكن أن يؤدي استخدام فوهات صغيرة للغاية إلى إعاقة الدخول، ويحدد موضع فوهة الدخول بالنسبة لتجويف القالب تسلسل ملء التجويف.

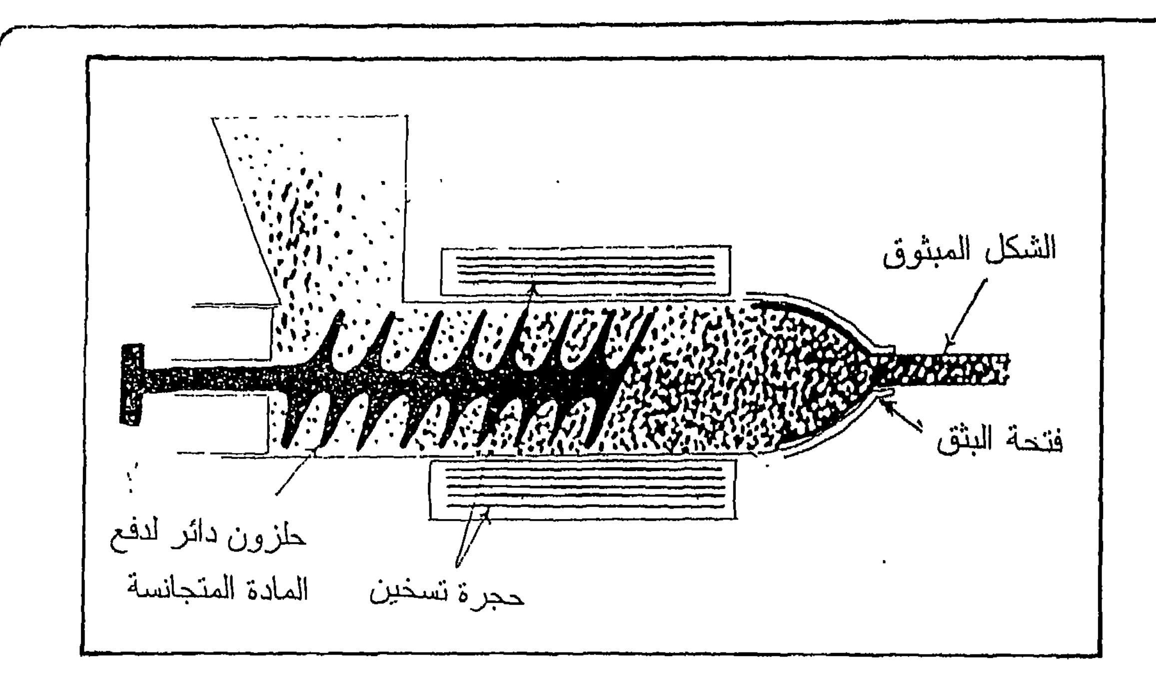
كما يؤدي انقسام البوليمر المتدفق داخل القالب إلى أكثر من تيار واحد نظرا لاستخدام أكثر من فوهة دخول واحدة إلى حدوث خط إلتقاء وعدم تلاحم تيارات الدخول مما يعتبر نقطة ضعف في الجزء المشكل.[٨]

٣- التشكيل بالبثق

وسيلة تستخدم بتوسع في الصناعة لإنتاج أشكال طويلة ذات مقطع ثابت مثل القضبان، المواسير من اللدائن الحرارية. والمبدأ هو تغذية حبيبات البلاستيك في حجرة تسخين حيث تتحول إلى مادة سميكة لزجة، وهناك مكبس حلزوني دائر يدفع المادة المتجانسة داخل فتحة، وهذه الفتحة تكون النمط للشكل النهائي للبثق. وعادة ما يتم تبريد البلاستيك، وهو يدفع خلال الفتحة ليصبح صلبا وغير قابل للذوبان ويحتفظ بالشكل المبثوق[١٩] (شكل ٢٦). والمشكلة الرئيسية في عمليات البثق هي ضبط درجة الحرارة بالمقدار الذي يلائم المادة المستخدمة ولذلك توجد بالأله مجموعة من الأجهزة الكهربائية التي تضمن تدرج التسخين لدرجة منتظمة من الحرارة من بداية ملء الإسطوانة إلى نهاية البثق. وكذلك يتم التحكم بكل دقة في درجة حرارة الفتحة التي تنبثق منها المادة بعد تشكيلها[١].

ثانيا: التشكيل في الحالة السائلة

مونمر ميثيل الأكريلات عبارة عن سائل خفيف القوام، شفاف متطاير، ويمكن تحوله من سائل أحادي الجزيئات إلى متبلمر صلب، وذلك عن طريق تعريضه للحرارة والضوء أو تعريضة لمحفز. ويستخدم الجمع بين الحرارة والضغط لبلمرة الأكريليك الأحادي الجزيئات. والصب الناتج عنه يكون شفاف يشبه الكريستال، وله خواص بصرية عالية، ولكن على الرغم من ذلك فإن هذه الخامة ليس من الشائع استخدامها في مراسم الفنانين، وذلك لصعوبة التعامل معها، فالتحكم في الحرارة الخارجية والفقاقيع الداخلية التي تحدثها الغازات خلال عملية البلمرة تعتبر من الصعوبات التي يتم مواجهتها خلال التعامل مع هذه الخامة. ولهذا السبب



شكل (٢٦) التشكيل بالبثق

فإن العديد من المتعاملين معها يقومون باستخدام فرن يمكن التحكم في درجة حرارته وضغطه وعلى الرغم من ذلك فإن هذه الطريقة قد لا تكون مناسبة مع الصب الكبير الحجم حيث يصعب التحكم في الحرارة المنطلقة، وفى هذه الحالة يتم عمل الصبة عن طريق عدة سكبات (صبات) .

والصب الشفاف يتم بصورة أكثر سهولة بواسطة استخدام راتنج البولى استر الشفاف، وعلى الرغم من إنه ليس شفافا بصورة كاملة مثل الإكريليك أحادي الجزيئات إلا إنه عملي ويسهل التعامل معه بصورة عامة داخل أستوديو الفنان.(١٥)

صب ألواح الأكريليك

استعمال الوحدات الأحادية من الخامة "المونمر" في عمليات السبك هو في الواقع إجراء عملية بلمرة في موقع الصب، ويمكن أن تجري العملية باستخدام محلول يحتوي بوليمر ذائب في المونمر وذلك حتى تخفض كمية المونمر الذي يحتاج إلى بلمرة. وأهم عملية من هذا النوع هى صب ألواح الإكريليك، إذ يصب المونمر الأحادي مع قدر ضئيل من عامل حفاز، مثل فوق أكسيد عضوي بين لوحين من الزجاج المسطح، تفصل بينهما جوانات قابلة للإنضغاط، ثم تسخن في أفران تحت تنظيم محكم للحرارة وزمن التسخين (١) ، وتتم عملية البلمرة بتسخين السائل المصبوب لعدة ساعات عند درجة ٩٠° مئوية ولما كانت عملية البلمرة تتسبب في ترابط الوحدات كيميائيا، مما ينتج عنه انكماش في الحجم يبلغ نحو ٢٠%، فإن هذا الانكماش يتابع بضغط الجوانات حتى تعطي لوحا بالشكل المطلوب عند نهاية العلمية.

ويمكننا بنفس الطريقة بلمرة أشكال أخرى كالقضبان أو الكتل، وقد أستخدمت هذه الظاهرة في عملية الإطمار المستعملة لحفظ العينات النباتية الجافة وما إليها، فتغلق العينة في وعاء زجاجي يملأ بعناية تامة بمحلول ثقيل القوام للأحادى والبلمرة مع تجنب أحداث أي فقاعات هوائية ثم تجرى عملية البلمرة ببطء حتى نتفادى أى تسخين زائد للعينة نفسها(٨).

الخواص التي تميز التشكيل بالعجائن

١-المادة الأولية اللازمة للتشكيل تكون في هيئة مسحوق محبب أو شرائط أو في حالة المواد المعاد تشكيلها على هيئة قطع كسر صغيرة غير منتظمة الشكل. و يجب ملاحظة أن تكون المواد الأولية خالية من الرطوبة.

٢-جزء من التسخين اللازم لتعجين المادة الخام يتم بواسطة مصدر خارجي، والجزء الآخر ينتج من الحرارة الداخلية، وتؤدي زيادة درجة الحرارة إلى حدوث تلف دائم، فمن الممكن أن يتعرض الإكريليك إلى تحلل الجزيء المتبلمر وتتكون غازات تؤدي إلى حدوث فقاعات.

٣-تتعرض البوليمرات إلى تغير كبير في الحجم أثناء التشكيل نتيجة لإعادة ترتيب الجزيئات وخلق روابط تساهمية بينية، وتعتمد هذه الظواهر على العامل الزمني حيث يزيد الانكماش مع انخفاض سرعة التبريد وزيادة درجة الحرارة.

٤-يجب اختيار درجة حرارة التشكيل بحيث تقع في مجال درجة حرارة يكون فيها معدل تغيير اللزوجة مع درجة الحرارة منخفضا وإلا نتج عن ذلك ملء فراغات القالب للأشكال المعقدة بدرجات غير متساوية.[٨]

الفصل الرابع

أساليب التجميع

يتم ربط العديد من أشكال بلاستيك الأكريليك التي تم نشرها وصنفرتها وتلميعـــها، أو تجميعها معا بواسطة لاصق مناسب، أو بعملية لحام، وأشكال الأكريليك يتم بناؤها أو تكوينـها من كتلة رفيعة أو ثقيلة أو ألواح مصفحة، أو مزيج من الألواح أو قضبان من الأكريليـــك أو أنابيب، كما يمكن استخدام خيط الصيد النايلون حيث يمكن إعطاء مؤثرات خطية.

وهناك العديد من الطرق التي يمكن استخدامها لإتمام عملية التجميع، ولكـن أكثرهـا شيوعا يمكن تلخيصها إلى:

أولا : الربط عن طريق اللصق

ثانيا : اللحـــام

ويوفر استخدام المواد اللاصقة إمكانية الحصول على روابط قوية جدا على الرغم من أنها ليست وسيلة مناسبة لكل الخامات البلاستيكية. أما اللحام فينتج عنه أيضا روابـط قويـة، ولكن من الممكن أن يتسبب ذلك في حدوث تكثيف للضغط أو الجهد في المساحة الملحومـة، وكلتا هاتين الوسيلتين ينتج عنهما روابط ولحامات دائمة.

أولا : الربط بطريقة اللصق

توجد ملاحظة عامة، أنه عندما يتم وضع سطحين مستويين الشكل معـــا لا يتحقـق بينهما التصاق. وذلك لسببين، السبب الأول: أن الأسطح تكون غير متساوية علـى المقيـاس المجهري، بحيث تكون المساحات المتلامسة مع بعضها في واقع الأمر قليلة جـدا، السـبب الثاني: أن كل خامة لابد وأنها قد امتصت ذرات ميكروسكوبية صغيرة من الجو مما يشـكل طبقة فاصلة ضعيفة على السطح.

وفي العصور القديمة تم اكتشاف أن الخامات الصلبة يمكن لصقها معا بقوة عن طريق وضع سائل فيما بينها. مثال على ذلك، فإنه من المعروف جيدا أنه إذا تم وضع طبقة رقيقـة من الزيت بين لوحين من الزجاج، فإنه سيصبح من الصعب جدا فصلهما عن بعضهما بعضا. وبذلك يكون الزيت مادة لاصقة فعالة بين لوحي الزجاج. وعلى أية حال فإن اللوحين يمكنهما أن ينزلقا فوق بعضهما البعض، ومن ثم فإنه من الضروري أن المادة اللاصقة يجب أن تجمد وتصبح صلبة مع الوقت وذلك كي تعطي قوة للربط.

واليوم، تستخدم المواد اللاصقة في تطبيقات بنائية كثيرة، ولكن تطورها تم على أساس فني، أكثر من كونه تطور علمي. ولعمل أي التصاق بين أي جسمين جافين يتميزان بالصلابة لابد أن يكونا متلامسان بصورة جيدة عبر مساحة عريضة. وهذا في حد ذاته يكون غير ممكن تبعا لخشونة طبقات السطح كما تبدو جلية تحت الميكروسكوب.

ويكون الهدف من استخدام المادة اللاصقة لذلك هو ملء الأجزاء غير المنتظمة في السطح وبذلك تضاعف من مساحة التلامس بين السطحين المراد لصقهما (شكل ٢٧). ولتحقيق هذه الغاية يجب أن تكون المادة اللاصقة أول الأمر سائلة، وأن تتجمد بعد فترة وجيزة وتتحمل الضغط [١٤].

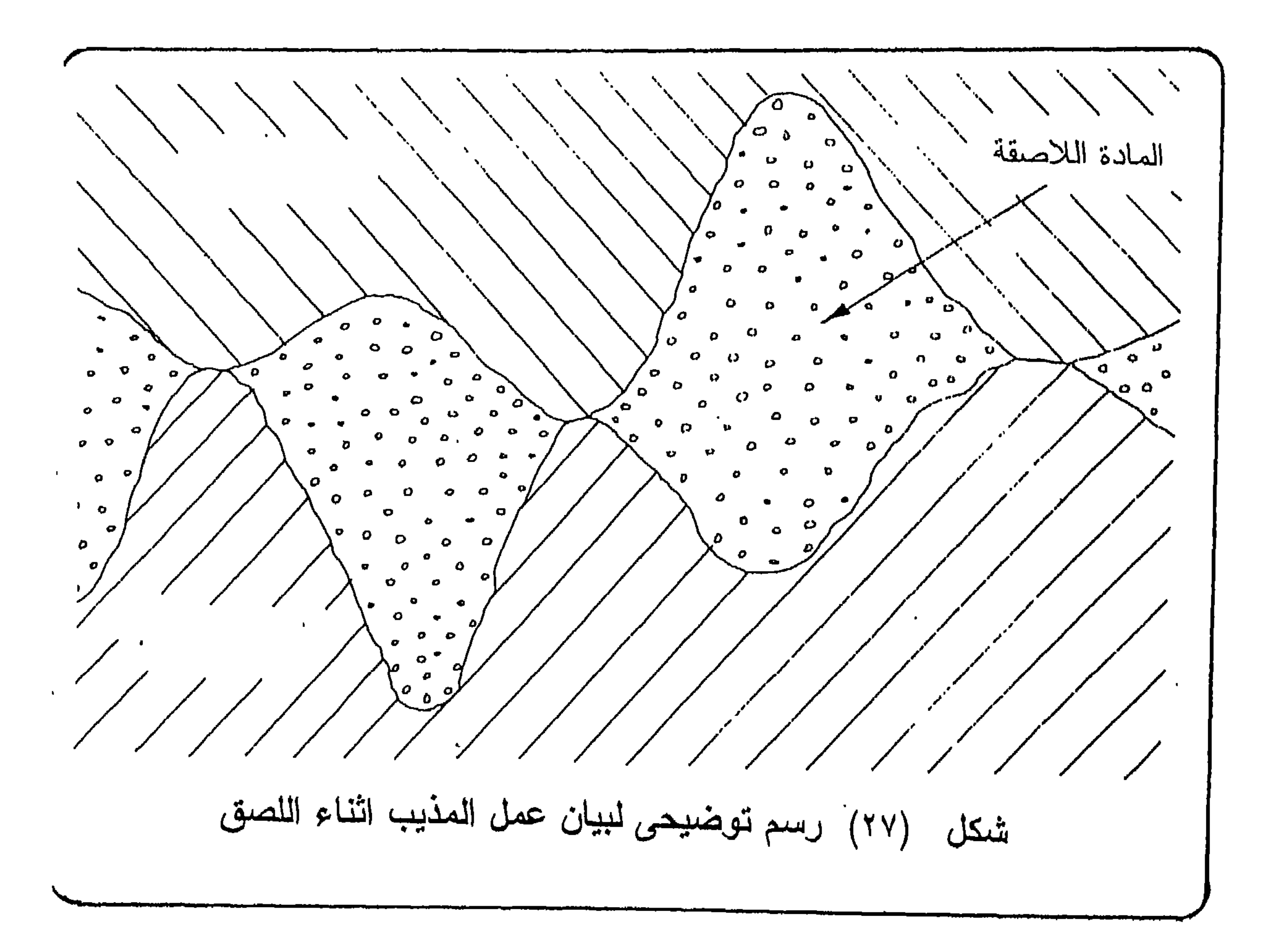
مواد اللصق

توجد أنواع عديدة من البلاستيك، ويستخدم لكل منها نوع معين من اللاصق الجيد، وقد يتوفر اللاصق برقم أو علامة تجارية معينة في الأسواق للصق قطعتين من نفس المادة من البلاستيك المعين، أو قد يكون هذا النوع من اللواصق مناسبا للصق نوع من البلاستيك مع نوع آخر من البلاستيك أيضا أو مع مادة أخرى مثل الخشب أو الحديد أو الورق[٢].

وتقوم الشركات المنتجة للأكريليك بإسداء النصح حول النوع المناسب من االلواصق لتثبيت منتجاته [٦]

خواص مواد اللصق

السطح الأساسي هو الخامة التي يتم تغطيتها باللصق أو بالدهان، وتتميز مادة اللصق باللزوجة وهي الخاصية التي تسبب ارتباط السطح المغطى بها مع سطح آخر عند ملامسته له، وبمعنى آخر اللزوجة هي قدرة المادة اللاصقة على الالتصاق. ومادة اللصق هي المادة التي تبلل السطح لإمكان لصق سطحين مع بعضهما. وتعرف قوة الانتزاع Peel strength بأنها مقاومة اللاصق لنزعه من السطح، وتقدر بالرطل لكل بوصة عرضية من مادة اللاصق. وبالرغم من أن كثيرا من اللواصق وخاصة الإيبوكسي لها مقاومة للنزع تصل إلى ٥٠٠٠ رطل على البوصة، فإن كثيرا من اللواصق تكون مقاومتها للنزع منخفضة. ولذا يلزم حماية الوصلات الملتصقة من قوة النزع ويمكن عمل ذلك بالاستعانة بالبرشمة أو أنواع أخرى من التثبيت، وكذلك فإن وصلات اللصق ضعيفة لعملية الشد و يراعى ذلك عند تصميم الوصلات[٢١].



شكل (٢٧) رسم توضيحى لبيان عمل المذيب اثناء اللصق

ويمكن تقسيم مواد اللصق بصفة عامة إلى أربعة أقسام:

١. مواد اللصق المذيبة Solvent Cement

٢. مواد اللصق من الجزيئات الأحاديـــة Monomeric Cement

٣. مواد اللصق المرنـــة Elastomeric Cement

٤. مواد اللصق المستقرة حراريا Thermosetting Cement [١٦]

١. مـــواد اللصـــق المذيبة

تستخدم مواد اللصق المعتمدة على المذيبات لربط مكون من الثرموبلاســـتيك مـــع مكون آخر من نفس النوع وهذا النوع من المواد اللاصقة قد يكون إما مذيب نقي يتفـــاعل مع الأسطح المراد ربطهما معا، بحيث يتم صهرهما معا، وبذلك يحدث الالتحام الفعلي بيـــن الأجزاء ثم يتبخر المذيب من خلال سطح الخامة، ويترك وراءه وصلة شفافة. أو قد يحتـــوي المذيب على بعض الخامة المراد لصقها. وتكون هذه الطريقة مناسبة لخامة الأكريليك فيمكـــن استخدام المذيب كما هو أو جعله أسمك بإضافة نشارة الأكريليك، وهنا يعمل اللاصق اللـــزج فقط كحامل للمذيب وتعتبر هذه الوسيلة أقوى وسائل اللصق لأن عملية الربط تتم بتأثير تبخـــو المادة المذيبة. وينتج عن تبخر المذيب انكماش في مادة اللحام واجهادات في منطقة اللحـــام، كما قد يؤدي تبخر المذيب إلى وجود فراغات في طبقة اللصق[١٦]، فاختيار مـــواد اللاصـــق عامة يعتمد على معدل بخر المادة المذيبة بالنسبة للتجميع الصعب المعقد، ويكون من الأفضل دائما استخدام مذيب بطيء التبخر وذلك كي يسمح بالمعالجة اليدوية للأجزاء التي يتم ربطـــها معا، وفي نفس الوقت فإن معدل التبخر لا يجب أن يكون بطيئاً جداً بدرجة تفوق التشكيل[١٤].

ومن أنواع اللواصق المذيبة التي ينصح باستخدامها لربط الأكريليـــك هـــي كلوريـــد الميثيلين ـــ أو كلوريد الايثيلين Ethylene dichloride, Methylene chloride [١٥].

٢. مــواد اللصــق من الجزيئات الأحاديــة

تشكل هذه اللواصق مادة جديدة مجمعة للجزيئات في الوصلة، أكثر من كونها مذيــب، وبذلك تقوم بربط الأجزاء مع بعضها وهى تكون من نفس نوع المونمر (الوحـــدة البنائيــة) للثرموبلاستيك، فالبولي ميثيل ميثاكريلات (أكريليك) يتم ربطه باستخدام ميثيل ميثـــاكريلات (المونمر) كمادة مذيبة، وربما تحتوي على العامل المساعد Catalyst لإتمام عملية البلمرة في منطقة اللحام، وهكذا تتم عملية الربط عن طريق عمليتي البلمرة والتبخير[١٦].

ويوجد نوع آخر جيد من هذه اللواصق ينتج عنه وصلات شفافة ويحتمل التغــيرات الجوية في الأماكن المفتوحة (يحمل الاسم التجاري PS-30). وهذا النوع يصلح للصق كـــل أنواع الأكريليك المصبوبة والأجزاء المشكلة من بودرة تشكيل الأكريليك. ويتماسك اللاصــق المتبلمر الموجود في حاوية موضوعة في درجة حرارة الغرفة بعد حوالي مرور ٢٥ دقيقـــة بعد مزج المكونات، ويجب مراعاة أنه سيتماسك بسرعة أكبر في درجات الحرارة المرتفعـــة وتصبح اللحامات قابلة للتعامل معها عادة بعد مرور حوالي ٤ ساعات من لحمها حيث تصبح صلبة بدرجة كافية[١٧].

طريقة عمل لاصق أكريليك

يمكن عمل لاصق بإذابة شرائح من البولي ميثيــل ميثـــاكريلات فــي مذيــب مثــل الكلوروفورم، ويجب إعطاء وقت كاف للسماح بذوبان الشرائح تماما قبل اســتعمالها، وذلــك باستخدامها بعد يوم واحد من إعدادها، ويجب التذكر جيدا أن المذيب سريع التطاير، فــيراعى تجهيزه في زجاجة محكمة الغلق ضد الهواء. وهناك لواصق كثيرة أكريليكية تحمل أســـماء تجارية مثل "تينسول" بأرقام ٣، ٦، ٧ ومن خصائص هذه الأنواع اكتســـاب صلابــة وقــوة ومقاومة للعوامل الجوية بعد تصلبها.

ويمكن لحام الأجزاء المكسورة من ألواح الأكريليك بمعالجة هذه الأجزاء بالأسيتون أو حمض الخليك الثلجي أو ثنائي كلوريد الإيثيلين حيث تقوم هـــذه الســـوائل بتليــن الأجــزاء المكسورة وبإذابة قليل من خراطة البوليمر في ثنائي كلوريد الإيثيلين أو حمــض الخليــك أو الأحادي لتنتج مادة لاصقة تقوم بلحام الأجزاء [١].

٣. اللواصـــق المرنـــة

قد تؤدي الحركة بين جسمين ملتصقين ــ مثلما يحدث في حالات التمدد الحــراري ــ إلى إضعاف نقطة الالتصاق بمواد اللصق العادية، وهذا يلزم استخدام مواد اللصــق المرنــة، حيث يمكنها أن تتحمل إجهادات كبيرة. وهذه الخاصية تجعلها مناسبة للاستخدام في الوصلات بين التراكيب الضخمة، وفي حالات التحرك بنسب كبيرة يلزم أن تكون مواد اللصق المرنـــة سميكة بدرجة كافية.

وعادة ما يستخدم مطاط البيوتاداين ــ ستايرين ــ ويمكن أن يذاب اللاصق المرن في مذيب أو يستحلب في الماء[١٩].

٤. اللواصـــق المستقرة حراريا

عادة لا تذوب أنواع البلاستيك المستقر حراريا في معظم المذيبات طالما أنها قد تـــم تثبيتها حراريا، وهذا النوع من اللواصق يستخدم بكثرة في المعادن ومواد البناء وينتج عنـــه وصلات ذات قوة تحمل عالية جدا. وتتميز مركبات الفينول فورمالدهيد بـــأن لـــها أفضـــل خصائص مقاومة للظروف الجوية مما يفسر استخدامها في الأخشاب المعرضة للأجواء.

والإيبوكسي قد يكون أكثر تكلفة، ولكنه الأنسب فى التطبيقات التي تحتاج إلى صلابـة وقوة ربط عالية وتحمل جيد للظروف الجوية، كما يستخدم في الأسطح غير المتطابقة. حيـث أن معامل انكماش الإيبوكسي ضئيل عند النضج، فإنه لا يتسبب في إجهادات محسوسة عنـد الوصلات. ولا تتوقف قوة وصلات الإيبوكسي على تجانس المادة اللاصقة، وعلى هذا فإنـــها تؤدي الغرض كلاصق وكذلك كمالئ للفراغات[٢٠].

إعـــداد السطح لعملية اللصـــق

عند تجميع قطع الأكريليك باللاصق، يجب إعداد الأسطح مسبقا للحصول على أفضل تثبيت، وتوجد العديد من الخطوات التي يمكن اتخاذها. وتتمثل أول خطوة في إزالة أكبر قـدر ممكن من المواد والذرات الغريبة بقدر المستطاع. وحتى بعد إجراء عملية التنظيف هذه، فـإن السطح الذي قديبدو نظيفا بالنسبة للعين المجردة، فإنه يكون ملوثـــا إذا نظرنـــا إليـــه عـــبر

الميكروسكوب، وسبب ذلك يكمن في أن أي سطح مكشوف يكون به طبقة من الغازات والأبخرة الممتصة ..... ألخ.

لذلك يمكن القول أن إعداد السطح يتضمن مرحلتين:

أ- إزالة الشحم

ب- الكشط

أ- إزالة الشحم

يمكن إجراء ذلك على أكمل صورة عن طريق تعريض السطح لحمام بخار من مذيب مثل ثلاثي كلوروالأثيلين trichlorethylene، أو ثلاثي كلوروفلورو الاثيان trichlorotrifluoroethane. وأثناء العمل قد لا يتوفر حمام البخار، والبديل الأقل فعالية هو أن نقوم بغمس المواد المراد لصقها في حمام يحتوي على مذيب. ولا يجب استخدام فرشاه أو قطعة قماش مغموسة في المذيب لأن الشحم قد يتجمع في المذيب وفي الفرشاة أو قطعة القماش، وقد يقوم بإعادة تلوث السطح مرة ثانية.[١٤]

ويمكن أيضا غسل قطع الإكريليك المراد تثبيتها بماء دافئ درجة حرارته تتراوح بين ٥٠ إلى ٦٠ درجة مئوية، ويترك حتى يجف.

وعند اللصق يجب توخي الحذر، وأن تصل المادة اللاصقة إلى الأماكن المراد لصقها فقط، حيث أنه لو تأثر السطح المصقول بواسطة القطرات الزائدة، فإنها تتلف بفعل المذيبات الباقية داخل اللاصق ولا يمكن معالجتها بالطرق العادية[٢]

ب- الكشط

وتعتبر أفضل طريقة لكشط سطح المواد البلاستيكية هي أن يتم حكها بحجر كبير الحبيبات من الألومينا أو كربيد السيلكون Alumina or Silicon Carbide. وإذا لم يتوفر ذلك فإن البديل هو استخدام ورق الكشط. وكل الجزيئات والشذرات لابد من إبعادها باستخدام الفرشاه أو بنفخها من على السطح.[١٤]

الشروط الواجب توافرها في مواد اللصق

- أن يتوفر بها اللزوجة واللصق
- أن تكون لها قدرة عالية على التوغل والاختراق
- أن تكون شديدة التحمل والثبات
- ألا يتغير شكل المادة التي سيتم دمجها وزيادة تماسكها
- أن تكون شديدة المقاومة للأشعة فوق البنفسجية التي تتولد من أشعة الشمس[٢٠]

لصق الأكريليك مع مواد أخرى

يمكن لصق الأكريليك بالمطاط أو الخشب أو الفينيل أو لوح البلاستيك أو خلات السليلوز أو الفينول باستخدام مواد خاصة مثل PS-30 الذي سبقت الإشارة إليه.

ولربط الأكريليك بالمعدن يفضل استخدام السليكون أو لاصق بولي سلفيد Poly Sulfide ويمكن أيضا استخدام لاصق من الإيبوكسي Opoxy لمثل هذا الغرض

التشكيل بالتصفيح Laminating

يمكن الحصول على تأثيرات خلابة عن طريق تجميع ألواح بلاستيك الأكريليك خلف بعضها، باستخدام لاصق التصفيح الملون. ويمكن إبداع تركيبات ثلاثية الأبعاد بهذه الطريقة.

وعادة ما يتم صنع لاصق التصفيح الملون من مذيبات عالية القوة مثل كلوريد الأثيلين أو ثنائي كلوريد الإثيلين أو مزيج من كلاهما.

وتتوفر أنواع لواصق التصفيح تجاريا في مجال واسع من الألوان الشفافة، تتضمن أشكالا وألوانا مشعة. ويمكن إضافة كميات وفيرة من صبغة التصفيح للوح الأكريليك بواسطة قطارة العين أو ملعقة وذلك لإبداع وخلق وحدات ألوان أو تأثيرات لونية أخرى. ويتم وضع لوح ثاني من بلاستيك الأكريليك مباشرة فوق الصبغة وهي مبتلة، ويتم الضغط بخفة، وبذلك سيتم خلق نسيج داخلي بواسطة زيادة وتخفيف الضغط على لوح الأكريليك.

ويمكن ضم وإضافة بعض الخامات الحرة مثل الخيوط الملونة والرقائق المعدنية وأوراق الذهب والفضة والسوائل ومواد أخرى، ووضعها بين هذه الألواح للحصول على تأثيرات خاصة.

ويمكن تصفيح عدة ألواح معا لبناء كتل من البلاستيك الأكريليك، ويمكن أن نقوم بنحتها لاحقا أو صنفرتها أو التعامل معها ميكانيكيا.[١٥]

ثانيا : اللحام

تطور لحام المواد البلاستيكية مباشرة قبل الحرب العالمية الثانية وأثناءها، عندما حدث نقص حاد في المعادن المقاومة للتآكل والصدأ، مما جعله من الضروري إنتاج سلع وأدوات من ألواح البلاستيك. ولقد كان معظم الإنتاج المبكر مصنوعا من البولي كلوريد الفينيل PVC الذي احتاج إلى عمليات اللحام لإنتاج مكونات متنوعة، ويمكن الآن وصل معظم البلاستيكات الحرارية معا بواسطة اللحام ويوجد مجال واسع من التقنيات لإجراء عمليات اللحام، ويعتمد الاختيار بصورة أساسية على الخامات التي سيتم لحمها، وهندسة الأجزاء التي سيتم وصلها معا، والقوة المطلوبة من اللحام. وفي بعض الحالات تكون قوة اللحام قريبة إلى حد كبير من قوة الخامة الأساسية. وفي العديد من هذه الحالات تكون التجربة والخبرة هما أكبر عاملين يمكن الاعتماد عليهما لإنتاج أفضل اللحامات أثناء عملية التجميع[١٤]

أنواع اللحام

١. اللحام بالغاز الساخن Hot gas welding

٢. اللحام بالاحتكاك الدائري Spin welding

٣. اللحام بأدوات ساخنة Heated tool welding

١. اللحام بالغاز الساخن

في عمليات تجميع البلاستيك، هناك فرق بين اللحام بمعنى ربط الأجزاء التي عادة ما تكون ذات سمك كبير نسبيا، وبين التحام الأجزاء بلصقها والتي عادة ما تستخدم للصق أو لحام الألواح الرفيعة.

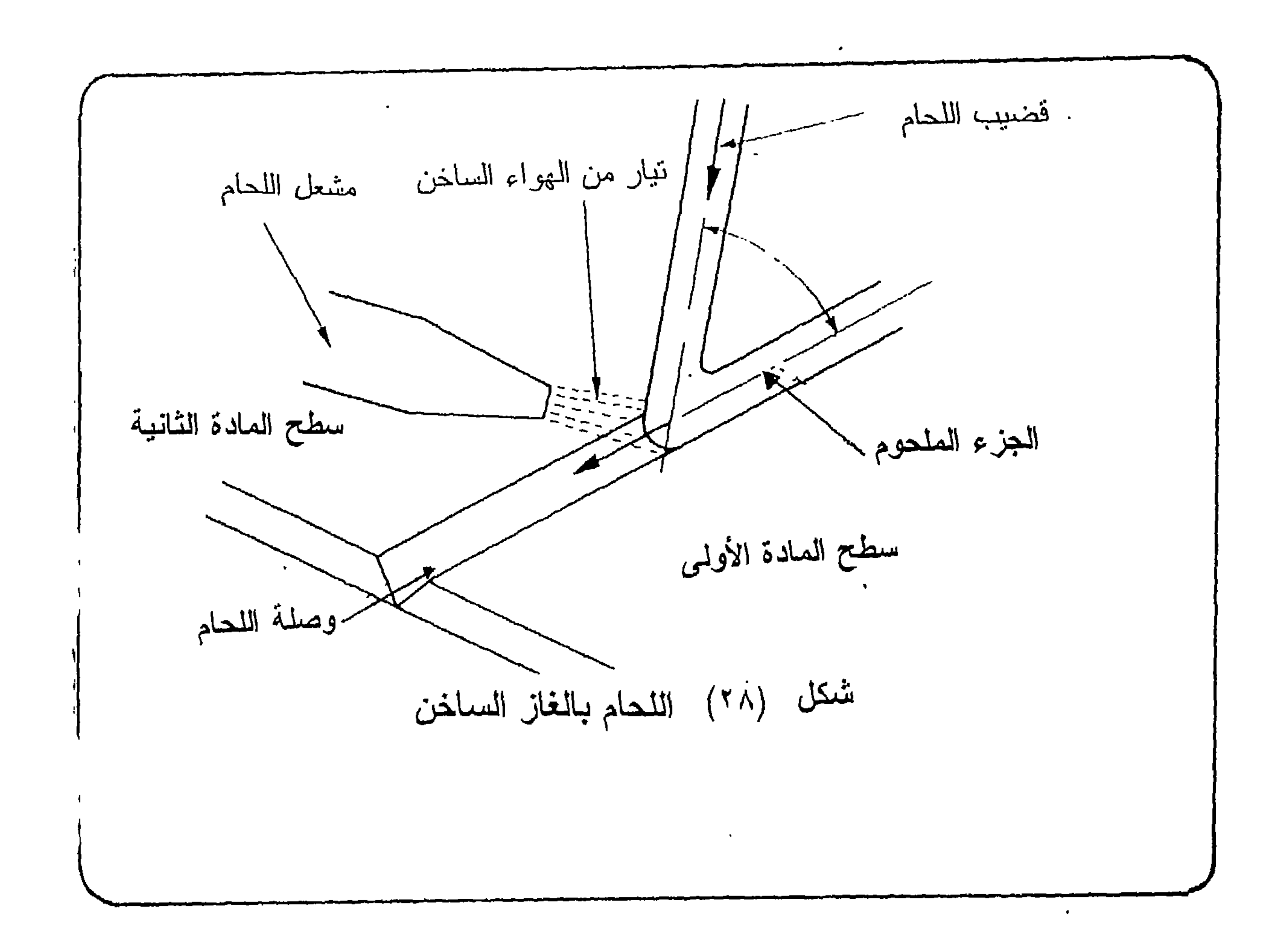
وبما أن اللدائن من نوع البلاستيك الذي يمكن إعادة تشكيله بالحرارة مثل المعـــادن ــ فإن تقنية اللحام بالغاز المستخدمة مع المعادن يمكن تطبيقها على اللدائن الثرموبلاستيك.

فطريقة اللحام بالغاز كانت أول ما تم تطويره للاستخدام مع المواد البلاستيكية. ولمـــا كان بورى اللحام العادي المستخدم في حالة المعادن يصل إلى درجات حرارة عالية جـــدا لا تناسب البلاستيك وتصل إلى ٣٣١٥ ° م بالإضافة إلى أن معامل التوصيل الحراري المنخفض للبلاستيك يستلزم درجات حرارة أقل كثيرا وقت أطول حتى يمكن للحرارة أن تتخلل في طبقة البلاستيك من السطح إلى العمق، قبل أن تحترق الطبقة السطحية، ولما كانت المعادن بلوريـــة ولها درجة إنصهار محددة بدقة، بينما أن الثرموبلاستيك في العادة لها مدى واسع مـــا بيـــن درجة الليونة ودرجة الانصهار، فإن الثرموبلاستيك أسهل في عملية اللحام.[١٩]

عملية اللحام بالغاز الساخن

تعتمد هذه الطريقة بشكل أساسي على إذابة منطقة اللحام بواسطة استخدام تيار مـــن الغاز الساخن الصادر من مشعل اللحام المحمولة يدويا هذا الغـــاز عـــادة يكـــون هـــواء أو نتروجين.

يتم قطع قضيب اللحام (من نفس الخامة) إلى الطول المطلوب وهو يكون أطول قليـــلا من طول خط اللحام، ويتم شطف حافة القضيب بزاوية حوالي ٦٠ درجة لسهولة تسخينه للبدء في عملية اللحام. ويتم تسخين المسطح وكذلك القضيب مبدئيا مع وضع القضيب على زاويـــة قائمة وعندما تصل حرارة القضيب إلى الدرجة المناسبة فإنها ســـتلتصق بالســـطح، وأثنـــاء استمرار عملية اللحام يلزم إجراء ضغط خفيف على القضيب مع حركـــة موجيـــة للمســـدس تتراوح بين القضيب والعمل لتوزيع الحرارة بينها. وللحصول على جودة عالية في اللحام يلزم تمرير البورى عدة مرات بدلا من مرة واحدة، بسرعة أفضل من البطء. ، يوضح (شكل ٢٨) نتيجة اللحام[١٩].



شكل (٢٨) اللحام بالغاز الساخن

ومشاعل اللحام بالغاز الساخن تسخن عادة كهربائيا وقادرة علـــى أن توفـر درجـــة حرارة للغاز ما بين ٢٠٠° مئوية إلى ٣٠٠° مئوية عن فوهة المشعل، ويجب أن يكون الغـاز جافا ونظيفا ويسرى بمعدل تدفق من ١٥ إلى ٦٠ لتر/دقيقة في ضغط يتراوح بين ٤٠ إلـــى ١٠٠ عقدة/متر مربع.

ولقد أثبتت الاختبارات أن نوعية الغاز تؤثر في مدى صلابة اللحام، ونجد أن أقـــوى اللحامات يمكن عملها باستخدام الأكسجين أو النيتروجين بينما نجـد أن غـاز ثـانى أكسـيد الكربون ينتج أضعف أنواع اللحامات[١٤] وفي العديد من الحالات يكون أفضل أنواع الغـازات المستخدمة هو الهواء المضغوط حيث إنه غير مكلف وينتج عنه لحامات مرضية.

هناك طريقة أخرى في عملية اللحام تعتمد على بثق مادة اللحام من فتحة المسدس مع تسخين سطح العمل في نفس الوقت وتلتصق المادة المنبثقة الساخنة بالأطراف اللينة، ويجـــب أن تكون المادة المالئة من نفس نوع الألواح الثرموبلاستيك أو ألواح الأكريليك.

٢- اللحام بالاحتكاك الدائري

هذه الطريقة مناسبة جدا للحام الأجسام الإسطوانية المجوفة وفيها يتم ضغـط إحـدى القطعتين المطلوب لحامها بواسطة مكبس دوار تحت ضغط مناسب على القطعـــة الأخـرى، لكنها مثبته على قاعدة. وتسبب حرارة الاحتكاك نتيجة الدوران تحت ضغـــط إلـــة تســخين وصهر السطحين ببعضهما، ولما كانت درجة الاحتكاك تقارب الصفر عند المركز، فإن اللحام عند هذه النقطة يكون أضعف ما يمكن، ويمكن استخدام مخاريط صغـــيرة أو شـنيور مـــع تجهيزات معينة لإجراء هذه العملية.

٣- اللحام بأدوات ساخنة

في هذه الحالة يتم لحام سطحي البلاستيك بضغطهما مقابل معدني ساخن حتـــى يتـم تلينهما فعندما تصل درجة الحرارة إلى الدرجة المناسبة يتم لصقها فجأة وتحت ضغط.

ويمكن استخدام أدوات مختلفة تشمل سكاكين، سخانات الشرائح ألواح التسخين ويتـــم طلاء الأسطح الساخنة بمادة التفلون Teflon. وعند استخدام هذه الطريقـــة للصـــق الألواح السميكة من البلاستيك ١/٤ بوصة أو أكثر فيفضل تطابق المقطعين حتى لا تحدث فراغـــات هوائية بينهما. (١٩)

الفصل الخامس

أساليب الإنهاء والتشطيب

ينتج عن عمليات القطع والنشر واستخدام المبارد ملمس غير منتظم على سطح الأكريليك، وأحيانا يتسبب استخدام المبرد إلى حدوث ضغط على مادة الأكريليك وإذا لم يتم التخلص من هذا الضغط عند درجة حرارة ٨٧ - ٩٣°م فإنه سوف يؤدي إلى تشقق السطح عند استخدام لاصق الأكريليك [٦].

وقد تكون هذه النتائج مرغوبة وجذابة لدى النحات، لحصوله على تأثيرات جمالية معينة، وإذا لم تكن مرغوبا فيها فيمكن إتباع الخطوات الآتية للحصول على سطح نظيف ولامع:

١-الصنفرة وتضم ثلاث مراحل متتالية:

أ- استخدام عجلة الجلخ

ب- استخدام الكاشط

ج- استخدام ورقة الصنفرة

٢-الصقل ويشمل الأنواع الآتية:

أ- الصقل الآلي

ب- الصقل اليدوي

ج- التشطيب بالبرميل

٣-التلميع وهو يتم بثلاثة طرق مختلفة:

أ- التلميع باللهب

ب- التلميع الآلي

ج- التلميع اليدوي

٤-التنظيف وهي العملية النهائية للحصول على سطح ناعم ولامع.

١- الصنفرة

الصنفرة طريقة صالحة لتشطيب أنواع البلاستيك الثابتة بالحرارة thermosets وخاصة تلك المحتوية على مواد مقوية أو داعمة، ولكن عملية الصنفرة تصعب مع أنواع البلاستيك الحراري غير المستقرة حراريا حيث أن درجة انصهارها منخفضة وتميل إلى التعجين على سطح التسخين وتسبب مشاكل للسطح. وإذا لزم في عملية التشكيل استخدام الصنفرة فيستخدم وسط مُبرد لمنع هذه المشاكل.(١٤)

وتتم عملية الصنفرة في ثلاث مراحل:

أ - استخدام عجلة الجلخ

ب- استخدام الكاشط

ج- استخدام ورقة الصنفرة

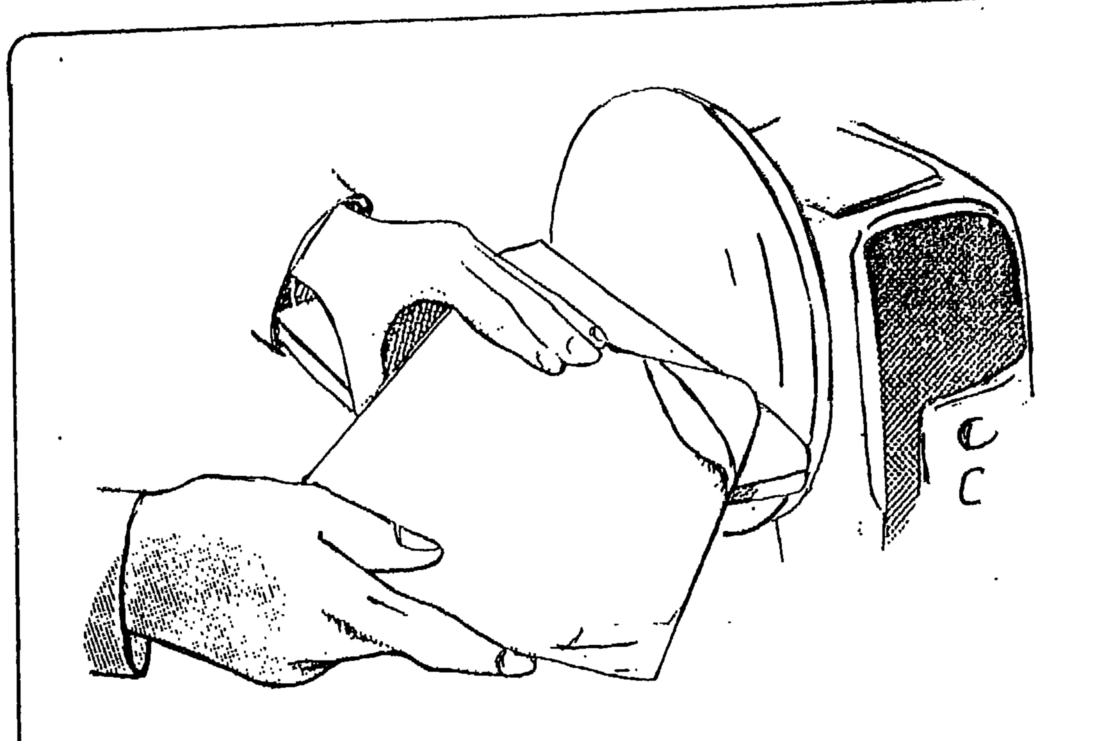
أ-استخدام عجلة الجلخ

إذا كان بالقطعة خدوش عميقة فيجب في هذه الحالة استخدام عملية الجلخ أولا. ويجب أن تكون تارات التجليخ مصنوعة من القطن أو الشاش المشغول على هيئة غرز، ويجب أن تدور بسرعة نحو ١٨٠٠ قدم سطحي في الدقيقة.

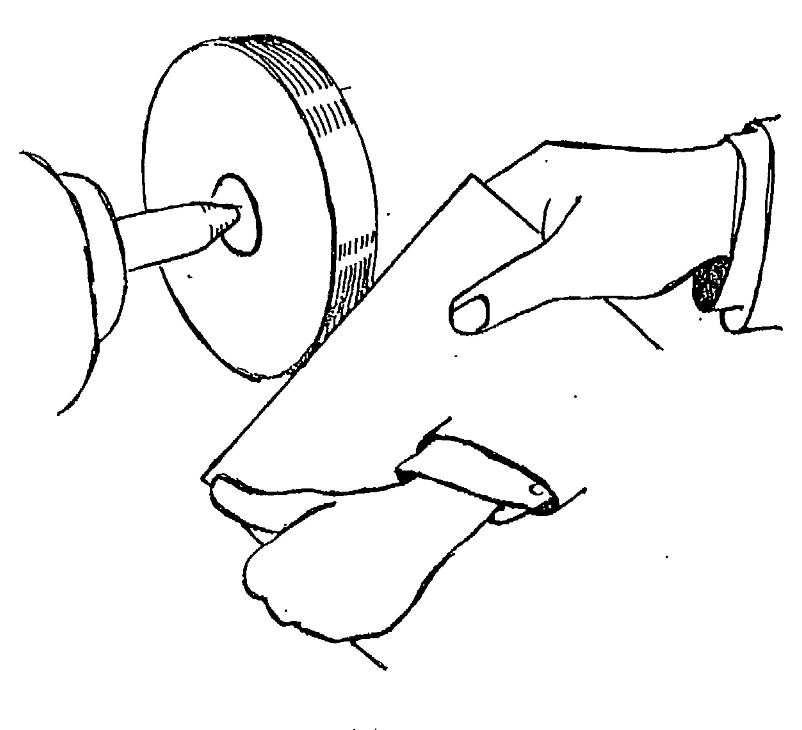
ويجب أن تزود العجلة بمزيج من مادة التريبلى Tripoli الأبيض وذلك لإزالة الخدوش. يجب استعمال أحجار جلخ خشنة مفتوحة حتى تتلافى عرقلة عملية التجليخ وما يتبع ذلك من إحتراق المادة نفسها ويفضل استعمال جلخ رأسي فوق المنضدة لتجليخ الشرائح المسطحة وتشمل أحجار الجلخ المناسبة كربيد السيلكون (شكل ٢٩)(١٥).

ب- استخدام الكاشط

ويجب الحرص على أن تتم كل أعمال الصنفرة على الناشف، وبمجرد أن يتم تقليل حجم الخدوش إلى أقل درجة، تبدأ الخطوة التالية وهي عملية الكشط، وهي تتم بواسطة أداه مصنوعة من نصل منشار قديم، كما يمكن استخدام المكشط العادي.



جلخ رأسى فوق منضدة



شكل (٢٩) جلخ حر

ج-استخدام ورقة الصنفرة

للحصول على أفضل سطح لامع نستخدم الكثير من ورق الصنفرة بعدة درجات على أن يكون منها المبتل والجاف والخشن والناعم. وأفضل طريقة للعمل هي اختيار أكثر الورق خشونة لمسح السطح بأكمله على أن تعطى لكل مساحة صغيرة الوقت الكافي، كذلك يجب مراعاة أن تكون حركة اليدين دائرية أثناء صنفرة الشكل. وعندما يصل الشكل إلى درجة نعومة كافية يتم الانتقال إلى الدرجة الأقل خشونة باستخدام ورقة الصنفرة مع الماء. حيث أن الماء سيعطى مادة كريمية أثناء الصنفرة، كما يؤدي استخدام ورقة العقيق الأحمر أو أكسيد الألومنيوم أو ورقة فحم السيليكون الحبيبى ٢٢٠، ٤٠٠ إلى نتائج جيدة.

٢- الصقل

تتم هذه المرحلة بعد مرحلة الصنفرة، وذلك لإزالة الشوائب الموجودة على سطح الأكريليك للحصول على سطح مصقول، وممكن أن تتم عملية الصقل يدويا في حالة إزالة الخدوش البسيطة أو آليا للخدوش العميقة.

أ-الصقل الآلي

تتم عملية الصقل الآلي بواسطة عمل صقل يدار ميكانيكيا مصنوع من قماش قطن. وتستخدم هذه العجلات لصقل الأجزاء التي لا تحتوى على أسطح معقدة ويمكن تحميل هذه الإسطوانات بمسحوق من مواد الصقل مثل Tripoli.

ويتراوح قطر دائرة عجلة الصقل ما بين ١٥٠ - ٢٥٠ مم، ويكون ذلك مناسبا لماكينة صقل ذات سرعة محور حوالى ١٥٠٠لفة/دقيقة ، ويمكن السماح بسرعة عالية لسطح عجلات الصقل الكبيرة. وأثناء العمل في الأكريليك يجب تقليل السرعة والضغط. وبعد ذلك يشطف العمل ويجفف ثم يحمل على عجلة التلميع.[٢١]

ب-الصقل اليدوي

يتم بواسطة استخدام قطعة صغيرة من القطن الطبى. ندعك بها باستخدام الأيدى فوق المنطقة التي بها خدوش في حركة دائرية. وفي هذه الحالة نحتاج إلى كمية من مواد الصقل (مادة تريبلى Tripoli) مع التغيير المستمر لقطعة القطن الطبى وذلك للحصول على النتيجة

المرجوة. ويجب الاحتراس حيث أن الكثير من الضغط يمكن أن يؤدي إلى حدوث قشرة ذات لون برتقالي.(٢)

ج-التشطيب بالبرميل

تتوقف هذه العملية على كثير من المتغيرات مثل حجم الأجزاء الأكريليكية ووزنها وشكلها، كما تتغير الطريقة حسب سرعة الدوران والوسط المستخدم لعلمية الصقل، ويتوقف نجاحها على إجراء عدة تجارب لتحديد السرعة المناسبة والوسط المناسب.(١٤)

وتجرى هذه العلمية كالآتي: توضع الأجزاء المراد صقلها في برميل يدور في وضع أفقى محمل بالأجزاء المطلوب صقلها، ومعها المواد الوسيطة اللازمة لعملية الصقل وتشمل نشارة الخشب أو الشمع أو مساحيق الصقل المختلفة.

٣- التلميع

بعد ذلك يتم عمل تلميع مادة الأكريليك، ويتم ذلك بأكثر من طريقة تشمل استخدام اللهب ــ أو مواد ملمعة ــ أو بالتشميع ــ أو عجلات التلميع.

أ- التلميع باللهب

في هذه الطريقة يمر العمل الفني عبر لهب من الأكسجين ــ الهيدروجين إلا أن هذه الطريقة من الممكن أن تتسبب في عمل شقوق وبهتان للون في خامة الأكريليك والنتيجة النهائية عادة لا تكون في نفس جودة طريقة التلميع الآلي.(٢)

ب- التلميع الآلي

يتم تلميع سطح الأكريليك باستخدام عجلة الجلخ، وتزود بمواد تلميع ــ ومنها ما يوجد تحت الاسم التجاري 7–Meguiars MGH.

ج-تلميع الثقوب والحفر الغائرة

توجد طريقة بسيطة لتلميع الثقوب والحفر الغائر في لوح الأكريليك، وذلك بعمل قطع دقيق بواسطة المنشار في خابور أو وتد صغير قطره ١/٢ بوصة (١٢مم) ويثبت شريط من

قماش كاشط به وتوضع هذه الأداه فوق مثقاب مثبت على ركيزة. ويجعله يدور حول محـوزه بسرعة ٧٥٠ لفة / دقيقة (السرعات الأعلى من ذلك قد تسبب رفع درجة الحرارة).[٢]

وبدلا من التلميع على عجلة التشطيب يمكن إضافة طبقة من الشمع يدويا. ويتم تشميع الأكريليك بنوعيه جيدة من الشمع التجاري، وهذا الشمع سيحسن من شكل السطح وذلك عـن طريقة ملئه للخدوش الدقيقة بحيث يتم وضع الشمع في طبقة رقيقة مستوية. ثم يتـم التلميـع بواسطة الدعك الخفيف بقطعة قماش ناعمة وجافة مثل قطعة من الفانلة القطنية.

٤- التنظيف

تمثل هذه المرحلة الخطوة الأخيرة في إنهاء سطح العمل النحتى المشكل بـالأكريليك، وهي تتم بعدة طرق. وقد تتم آليا باستخدام عجلات جلخ ناعمة نظيفة وغير محملة بأية مواد ، ويجب أن تكون تارات التنظيف سهلة الحركة ومصنوعة من قماش الفانلة القطني أو الشمواه، ويتراوح قطرها بين ١٠ إلى ١٢ بوصة.

ويمكن غسل الأكريليك بسائل نظيف باستخدام قطعة قماش ناعمة خالية من الحبيبـات أو اسفنجة، فقط كوسيلة لنقل المياه على الأكريليك ثم بعد ذلك يجفف سطح العمـل النحتـي باستخدام قطعة من الشمواه النظيفة المبللة، ويراعى تجنب استخدام أقمشة جافة عند تنظيـف الأسطح حيث إنها يمكن أن تولد شحنات أستاتيكية تجذب اليها ذرات الغبار[١٥].

ويمكن وقف عملية تراكم الأتربة التي تحدث بسبب التجمـع الزائـد فـي الكـهرباء الإستاتيكية وذلك عن طريق وضع طبقة مضادة الإستاتيكية على أسطح الأكريليك، ويتم ذلـك بأن نبلل قطعة قماش بمحلول مخفف من ملمع مضاد للإستاتيكية مثل المحلول الـذي يحمـل الأسم التجاري Perspex Polish no.3 ICI، حيث نمسح به بخفة فوق سطح الأكريليـك، وبعد ذلك يدعك السطح بقطعة قماش جافة. والأكريليك الذي تم معالجته بهذه الطريقة لا يكون مشحونا بكهرواستاتيكية، وسينتج عن ذلك وجود سطح خالي من الأتربة.

وعند تخفيف محلول التلميع المضاد للاستاتيكية بنسبة ١٠% إلى ٩٠% مـــاء نقـــي، يظل الأكريليك في هذه الحالة غير مشحون لمدة تصل إلى شهرين، ويمكـــن عندئـــذ أن يتـــم التنظيف وإزالة الغبار بالطرق العادية، وفي حالة إذا ما تم غسل الأكريليك فإنه يجب معالجته مرة أخرى بمحلول التلميع وذلك لاستعادة خاصية عدم الإستاتيكية[٢].

ويجب عدم استخدام المذيبات العضوية مثل الأسيتون أو البنزين أو رابـــع كلوريـــد الكربون Carbon tetrachloride أو السائل الموجود بطفايات الحريق أو سوائل التنظيـف أو مخفف الإستر حيث إنها تشوه السطح.[١٥]

الباب الثالث

المعطيات التشكيلية لخامة الأكريليك

الفصل الأول : الرؤية التشكيلية للضـــوء فـى المدرســة البنائية

الفصل الثانى : التشكيل بالضوء

الفصل الثالث : التشكيل بالتلوين

الفصل الرابع : الشفافية

مقدمة

للضوء والشفافية كعنصرى تصميم دوراً فى تصميم وبناء الأعمال الفنية النحتيـــة.لا يقل أهمية عن الدور الذى تؤديه بقية العناصر كاللون والشكل والملمس ... الخ وهذا الـــدور يتوقف على خواص الضوء ودرجة الشفافية وأثرهما على القيم الجمالية للشكل وعلى ســماتها الجمالية، وعلى ما يحمله كلا منهما من قيم تعبيرية وإيحائية. كما يتأثر بمهارة الفنـــان فـــى استخدام هذين العنصرين وبقدرته فى توظيفهما فى بناء أعماله الفنية من خلال تناوله وتشكيله للخامة.

فخامة الأكريليك من أكثر اللدائن التى تحقق عنصر الشفافية ولها خواص تميزها عـن اللدائن الأخرى خاصة بنفاذيتها للضوء كما ذكرنا آنفاً، وإمكانية تشـــكيلها، وأيضـــاً إمكانيـــة الحصول عليها من خلال تنويعات لونية واسعة كل ذلك جعل بعض فنانى العصر الحديـث أن يجدوا فى خامة الأكريليك وسيطاً نحتياً جديداً فجعلوا لشفافية الخامة دور فعال ومؤثـــر فـــى مضمون العمل، واستغلوا خصائص الأكريليك الخاصة بمسارات الضوء لإظهار فعل البعـض الزمنى، فالأشكال بدت وكأنها تسبح فى الضوء واستخدم اللون مع الضوء فى أشــكال توفـر فيها عنصر الحركة، فاللون يتدرج من الإعتام حتى الشفافية التى تعطى الشعور حســياً بـأن العمل خفيف الوزن يعيش فى حركة دائبة حسب حركة المتلقى بناءً عليه فـــهناك دور فعـال يقوم بها الضوء كوسيط تصميمى فى إظهار عنصر الشفافية فى العمل الفنى.أثناء اســـتخدمنا لشرائح الأكريليك سواء أكان هذا الضوء طبيعياً أم صناعياً. كما أن دراسة التأثيرات الضوئية التى تسقط على كل من الهيئة واللون فى العمل النحتى الشفاف أساس فى خبرة النحات.

الفصل الأول
الرؤية التشكيلية للضوء
في المدرسة البنائية

ارتبطت المدرسة البنائية بالضوء في إنتاج أعمالها التشكيلية، فلقد أصبح الضوء هـو الوسيلة المباشرة لإنهاء الصفة الأساسية للكتلة وتحويلها إلي مدرك معنوي مثير، وجمعت بين الزمان والمكان في العمل. إن الفكر البنائي يعني في محتواه المركب الكلي للعلاقة بين الزمان والمكان، وهو لا يحتوي علي حقائق ساكنة بل حقائق ديناميكية متجددة، فعن طريق استخدام الخامات النافذة أو العاكسة للضوء يمكن الحصول علي قيمة المكان بطريقة جديدة، كما يسعى لتحطيم الفارق التقليدي بين النحت والتصوير، من خلال السعي وراء قيمة الفـراغ لإنتـاج أشكال بنائية تتشكل من مجرد خامة[٢٢].

فالفنان البنائي يهدف إلي صبغ النحت بكيفية هندسية معمارية. وقد اهتم فنـانو هـذه المدرسة بقيمة الفراغ الحقيقى فى التصميم كما اهتموا بقيمة الضوء، وكانت لهم آراء مختلفـة فى النحت حيث اهتموا بالنحت الفراغى الذى يعطى الإحساس بخفة الوزن، مختلفين فى هـذا عن النحت التقليدى المتميز بالثقل والرسوخ.

وقد اعتمد فنانو البنائية على استخدام خامة البلاستيك فـى التعبـير عـن أفكـارهم واستعانوا بالشرائح الشفافة فى كثير من أعمالهم الفنية. حيث أتاحت خـواص هـذه الخامـة وإمكاناتها فى التشكيل مجالا للتجريب وتحقيق قيمة للفراغ واستخدام الضوء الحقيقى[٢٣].

ونتيجة للبحث العلمى الدائم ظلت أنواع البلاستيك تتكاثر وتتعدد صورهـا وأشـكالها حتى أتاحت للفنانين بثرائها حل كثير من المشكلات التقنية وشاركت فى بناء كثير من الأعمال الفنية الحديثة التى تنتمى لمدارس وحركات فنية عديـدة تحمـل قيمـا وأفكـاراً واتجاهـات مختلفة[٢٤].

ومن الرواد الأوائل للمدرسة البنائية الذين استخدموا خامة البلاسـتيك فـى التشـكيل النحتى موهولى ناجى وناعوم جابو، وقد عبروا عن أنفسـهم مـن خـلال أعمالـهم، فـهم استحضروا الإبداع فى الفراغ باستخدام المسطحات والخطوط فأعمالهم تشـير إلـى ارتقـاء الفكر، وتتميز بأنها شديدة الصلابة وأصلية، وفوق ذلك كله ذات بناء واضح[٢٥].

فيعد موهولى ناجى أول الذين كان لهم السبق فى الاهتمام بتضاد الخامات واسـتخدام الأشكال الهندسية فى علاقات مبسطة نجدها تتجسد فى أفكـار بنائيـة ذات دقـة رياضيـة،

مستخدما فيها جميع الخامات الجديدة، وتعتمد أيضاً على الفراغ كعضو أساسى فى البناء. كما أن ناجى هو الفنان الذى أثبت بالإضافة إلى تقنية إبداع الحركة كيفية إدارة والتحكم فى الضوء واللون، (فالشكل ٣٠) المنفذ عام ١٩٤٠ من خامة الأكريليك والخيوط النايلون من أعماله المشكل يدوياً، فالخيوط الموجودة فى العمل تنتشر مثل العروق ، والثقوب الموجودة تعمل على خلق نوع من الإيقاع الحر للظلال والضوء، مما يخلق أيضاً نوع من الشاعرية فى العمل(٢٤).

وناعوم جابو Naom Gaba مثال روسي فكر في تحرير النحت من التقاليد القديمة وساعده علي ذلك دراسته العلمية، لذلك نجد أن تصميماته تتميز بأسلوب تجريدي هندسي.

فعندما تقبل جابو الثورة التكعيبية علي أنها تمثل تحدياً يمكن من خلاله إصلاح الطريقة التي من خلالها كان فن النحت يؤدي، فإنه بذلك ساعد علي إطلاق شريان دائم ومستمر من الأفكار العصرية والآراء الحديثة في ذلك المجال. فمن خلال تكويناته المضيئة الرقيقة استطاع جابو أن يعطي معان جديدة للضوء والزمن والفراغ من ناحية كونها عناصر هامة وأساسية يجب أن تدخل في مجالات فن النحت".

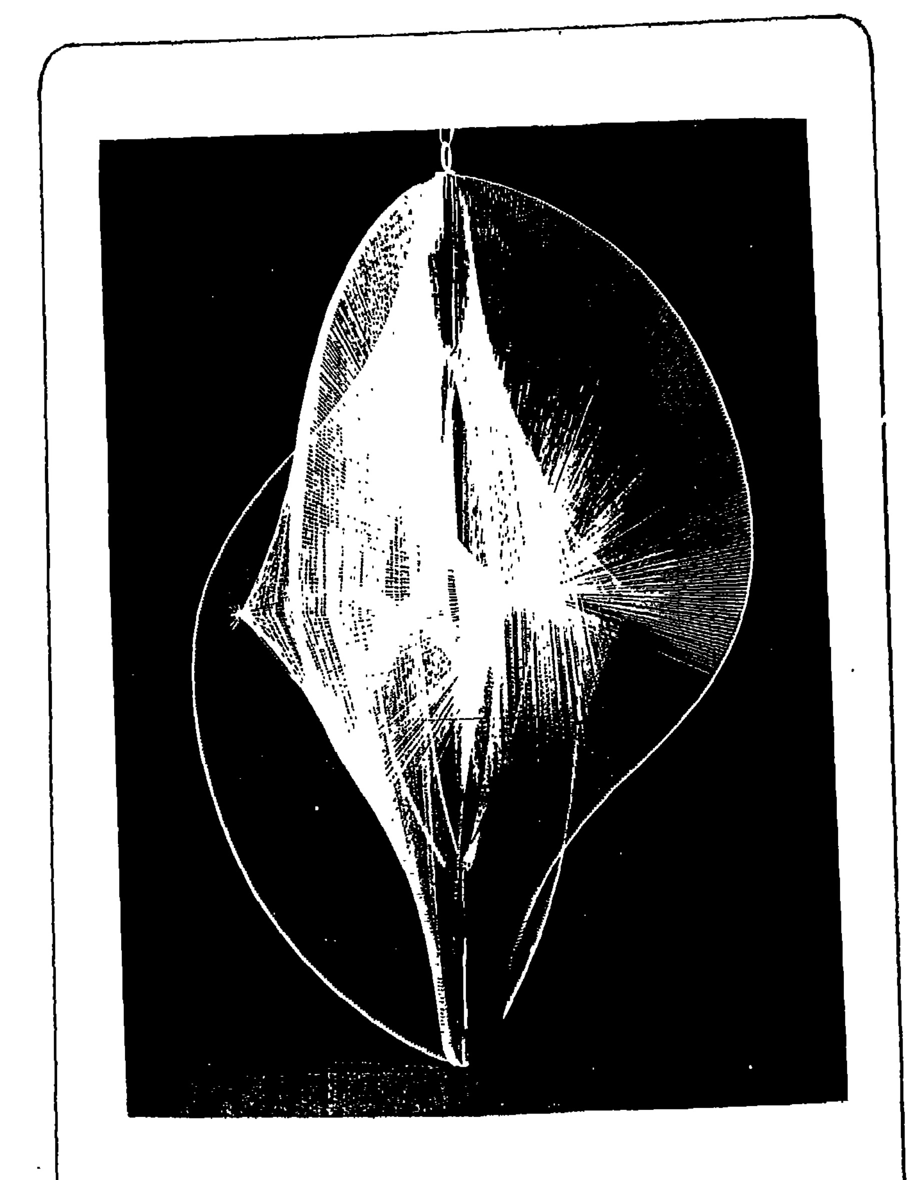
ومما شجعه علي التطور انتشار خامة البلاستيك في ذلك الوقت، فاستفاد منها بعد دراسته لطبيعة هذه الخامة ومدي علاقتها بالفراغ. واعتمد في تشكيلاته علي إنشاء تكوينات في الفضاء مكونه من خطوط متناغمة.

واستمالت جابو التجارب علي الخامات التخليقية وخاصة الأكريليك فاستطاع بهذه الخامة أن يشكل تماثيل وبنايات كلاسيكية باستخدام البلاستيك وخيوط النايلون المسماة (نايلون كورد) وفي عام ١٩٤٤، استطاع جابو أن يبدع البناء الخطي Linear Abstraction باستخدام الأكريليك والنايلون (شكل ٣١) وهو بهذا يعد ممن أضافوا الي عالم تطويع الخامات لتحقيق قيم تشكيلية وتعبيرية بعينها.

ومن أعماله البنائية (الشكل ٣٢) تمثال رأس بنائية وهو عبارة عن تمثال نصفي لرأس فتاة استخدم فيه الخطوط المنحنية والمسطحات المستقيمة المتداخلة مع بعضها البعض لتحصر فراغات متعددة ومتنوعة في الحجم والشكل، حيث وازن الفنان بين وظائف الكتل ووظائف الفراغات وأوجد فراغات ناشئة من تلاقي الخطوط وتقاطع وتداخل المسطحات، واستغل



شكل (٣٠) تركيبات - للفنان موهولى ناجى



شكل (٣١) بناء خطى - للفنان ناعوم جابو



شكل (٣٢) رأس بنائية - للفنان ناعوم جابو

المثال الظلال في تأكيد الأماكن العميقة الناشئة من تلاقي المسطحات، واستغل الإضاءة في تأكيد هذا العمق الفراغي، وقد نجح الفنان في توفير الإنسجام وابراز التباين بين الكتل المكونة للشكل والفراغ المحيط به، ولقد ساعد علي هذا الإيحاء الضوء الساقط والظلال داخل الشكل. وقد نفذ الفنان العمل من ألواح الأكريليك في مضمون تشكيلي مبني علي علاقة المسطحات والخطوط بالفراغ الداخلي والخارجي للشكل.

والمتتبع لمسيره جابو كفنان سوف يجد أنه كان يسعي دائماً إلي توسيع آفاق وحدود فن النحت ودوره البيئي. وكانت حياة جابو الفنية والمتمثلة في الآراء والتغييرات التي حارب من أجلها عبارة عن تأكيد دائم للقيم التركيبية الكثيرة المتمثلة في فنه.

ويقول جابو "لتكن مهمتنا هي أن نفتح أشكالنا ونماذجنا الفنية لنضع البيئة داخل تلك النماذج، وإذا ما فعلنا ذلك فإننا نعلن أن البيئة والمجال المحيط بها يجب أن يشكلا جزءاً من تركيباتنا الكلية، وبناء عليه فإن فن النحت يجب أن يعطينا إحساساً كافياً بالحركة لكل الأسطح والخطوط، والمتفحص لرسومات "جابو" المبكرة سوف يكتشف اهتمام ذلك الفنان بالتكعيبية حيث أنه قد أدرك كيف أدخل فنانوا النحت التكعيبيين عنصر الفراغ والزمن في أشكالهم الفنية عن طريق خلقهم لدور إيجابي للفراغات ذات الحيز، وأيضاً بحفرهم أشكالاً ذات اسطح لها زوايا من شأنها أن تستقطب الضوء[٢٥].

الفصل الثاني

التشكيل بالضوء

الضوء

يقول بلانسهايم إن الضوء " صورة من صور الطاقة وهو ينتقل عن طريق الإشعاع وطبقا للاعتقاد السائد الآن فإن الضوء هو الطاقة الكهرومغناطيسية ". وهو يخترق الأثير على هيئة موجات إشعاعية وبسرعة تصل إلى ١٨٦٣٠٠ ميل /ثانية. هذه وتتبع الموجات قانون الحركة بمعنى أنها تنبعث بمعدل واتجاه فالمعدل يتمثل في كمية الإشعاعات والطاقة المصاحبة لها والتي تتمثل في طول أو قصر الموجات، والاتجاه يتمثل في مسار تلك الموجات في خط مستقيم ما لم ينكسر على الأشياء التي تمتص بعض الإشعاعات من الضوء، وتعكس الأخرى التي يعرف بها لون الشيء(٢٦).

وقد استخدم الضوء للتمييز بين النوعيات المختلفة للمواد حيث ان انعكاس الضوء على المعادن يختلف عن انعكاسه على المواد الأخرى كالبلاستيك والبللور.

والدراسات الحديثة للرؤية والضوء قد أثرت كثيرا في مجالات الفن التشكيلي، ولم تعد وظيفة الضوء بمفهومها الكلاسيكي هو منحه للرؤية والإبصار فقط، بل أصبح يدرس كعنصر من عناصر التصميم الحركي، ويؤثر ويتأثر بما حوله، فللضوء دور إيجابي في إبراز الفراغ في التكوين النحتي. ويرجع تأثير الضوء لعده عوامل وهى إسقاط الظلال والانكسار وإظهار الشفافية التي بدورها تؤثر على العمل الفني وذلك لخاصية التباين الناشئة من درجة اسقاط الضوء على المسطحات والمجسمات.

تأثير الضوء على الأشكال

تألقات الضوء

اللمعان : ومعناه كمية الضوء Brightness

اللوين : وهو احمراره أو زرقته أو خضرته Hue ويمكننا إدراك اللوين كخاصية مباشرة للضوء.

التشبع : هو النقاء النسبى في اللوين الضوئى.

كيفية التحكم في درجة تألق الضوء

يمكن التحكم في لمعان الضوء نفسه بطريقتين:

١- اختيار مصدر ضوئى يوفر درجة اللمعان المطلوبة.

٢- استخدام نوع من التحكم في خفض شدة الإضاءة.

وللتحكم اللوينى أربعة طرق :

١- طريقة استخدام المرشحات اللونية التي يمكنها أن ترشح أطوال الموجات غير المرغـوب فيها، و تعمل هذه المرشحات بتوجيه اختياري حيث إنها تقلل من درجة لمعان الضوء.

٢- طريقة تستخدم فيها أضواء النيون (الفلورسنت) لإعطاء كمية اللوين المطلوبة مباشـــرة، ولذلك تعتبر أكثر تأثيرا حيث يستخدم فيها الضوء بكاملة دون حذف أى جزء منه.

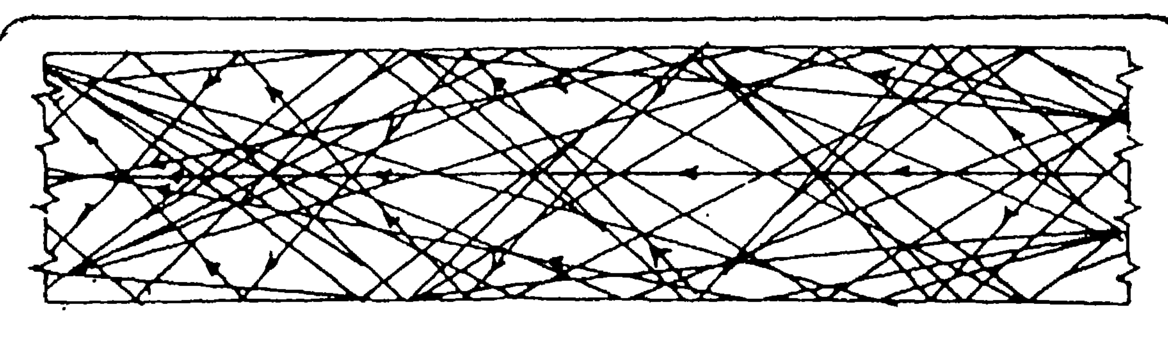
٣- طريقة استخدام خليط ضوئي إضافي للتحكم في اللوين، ويتم هذا بتراكب ضوئين ملونين مختلفين أو أكثر على أى سطح ويستخدم لذلك جهاز ضوئى به عدد من مصادر ضوئيـة صغيرة مختلفة اللوين مثبتة جميعها في صندوق ضوئي واحد ويمكن التحكم عن طريقــه في لون الضوء[٢٦].

الألياف البصرية :- Fiber Optics

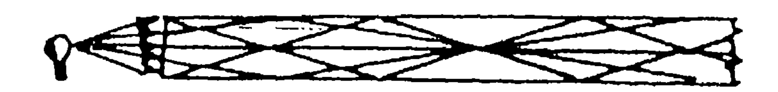
إن الألياف البصرية مصطلح يطلق على الزجاج الرفيع الأسطواني الشكل، أو الألياف البلاستيكية من النوع البصري (الأكريليك) ذات القدرة على إمرار الضوء.

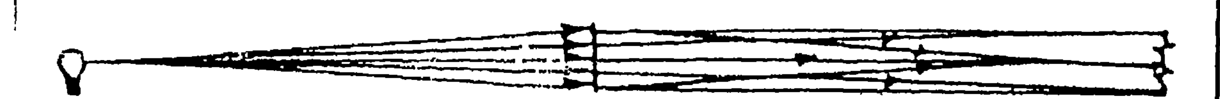
ويعتمد عمل الألياف البصرية على أساس بسيط للغاية حيث تسير حزمة من الضـــوء داخل خيط رفيع من الزجاج النقي، أو أنواع معينة من البلاستيك، وتنعكس عن جدران الخيط بسبب ظاهرة الانعكاس الكلى وينبثق الشعاع الضوئي في نهاية الخيط بأقل قدر مـــن الفـــاقد (شكل٣٣).

وتستخدم الألياف المصنعة من بلاستيك الأكريليك في نقل الإضاءة وخاصة لمتطلبـات الأعمال تحت المياه و إشارات المرور، فهي تكون أكثر إضاءة وإشعاعا من لمبـــات النيـــون ولمبات التوهج، هذا بالإضافة إلى احتياجها لكمية طاقة اقل. " وتستخدم الألياف أيضـــا فـــي الاتصالات حيث يستطيع زوج من الألياف الضوئية بسمك أربعين من المليون من البوصة ان يحمل عشرة آلاف مكالمة لحظية. وتستخدم الألياف البصرية حاليا في أغـــراض المؤثـــرات المسرحية مثل تقليد النجوم المتلألأة وتأثيرات الحريق واللهب وانطلاق السوائل البركانية.[٢٧]



شكل (٣٣) تمثيل لنفاذ الضوء خلال ليفه بصرية مع ظهور الإنعكاسات الداخلية





تأثير تغير موضع مصدر الضوء على تجميعات الأشعة خلال الليفة

التشكيل بالضوء

في كتاب "الضوء في المعمار والديكور" كتب شويزر عام ١٩٣٠ ما يلي: "تطور الضوء وأخذ خطوة أخرى هامة، فتحول من مجرد حالة وسيط زخرفي إلى أن احتل مكاناً جديداً في عالم الفن إلى جانب الرسم والنحت والفنون الأخرى، وأصبح فنا تجريديا تحكمه نفس المبادئ التي تحكم الفنون التجريدية الأخرى، فنتجت عنه أعمالاً درامية وجمالية على نفس الدرجة من الجودة ".

وهذا ما أكده "ماجورى" بتسمية الفن الضوئي القائم بذاته، حيث أن الأشكال النحتية الضوئية التي تضئ وتدخل في عالمنا الإحساس بالحركة والتصميم واللون جعلت هذا الفن قائماً بذاته.

إن الضوء هو العنصر الوحيد في الطبيعة الذى يحمل للإنسان خبرة البعد الرابع، فإذا كانت الأبعاد الثلاثة هى "الطول – العرض – العمق" هى أبعاد مادية تحصر بداخلها كل ما هو ملموس، فإن الضوء يحدد ماهية البعد الرابع، وهو الزمن. مما يرفع من قيمة العمل الفني وينقل المشاهد بخياله ليصبح وكأنه يعيش بالفعل في زمن العمل [٢٨].

وتتميز التشكيلات الضوئية الساقطة على الهيئات في الفراغ بإبرازها لقيم تشكيلية وتعبيرية مباشرة وذلك تبعا لقوة الضوء وتعدد مصادره وزاويا سقوطه، مما يعطي تكوينا لا يقل عن التكون النحتي أو الصورة[٣٠].

وقد أثر تطور الإضاءة الصناعية والتكنولوجيا المتزايدة على الفنانين والرسامين والنحاتين، إلا أنه فى بادئ الأمر لم يقدم هؤلاء الفنانون أى أشياء مادية ملموسة فقد كان الضوء والظلام وضوء الشمس والظل والزمن والفراغ والصوت والصمت هى كل ما قدموه، وكانت المواد التي اعتمدوا عليها هى النار والدخان. وبالتدريج بدأ هؤلاء الفنانون في استخدام أوساطا أكثر تعقيداً كما أنهم لجأوا إلى مناهج أكثر تطوراً بمضى سنوات تضمنت المواد التي استخدموها مثل المواد المتلألئة والفسفورية والبوليستر والأكريليك والنيون والإضاءة الفلورسنتية[٢٩].

وقد قام الكيميائي الإنجليزي وليام رامسي William Ramsey باكتشاف غاز النيون عام ١٨٩٨، وتوازى صعود النيون واستخدامه في الفن مع استخدام الكهرباء، ونمى فرع كامل مختلف تماماً عن فن الإضاءة إلا وهو: فن النيون. وعبر حقبة الثلاثينيات وحتى الآن استخدم العديد من الفنانين النيون كوسيط لأعمالهم، ومثال لهؤلاء الفنانين: كريسا، بول موهر، ستيفن انتونك (والأخير هو الذي بدأ التشكيل باستخدام النيون في عام ١٩٥٠) وأعمال النحت المضيئة هذه تشعل الخيال عن طريق استغلال كل أنواع مصادر الضوء (مثل مصابيح الغاز، النيون، الفلورسنت) ذات الأسطح المصنوعة من الزجاج المطلى والأسطح ذات المرايا العاكسة (التي تخلق جوا خياليا من الأبعاد الشاسعة للفراغ والمسافات اللانهائية وذلك عن طريق الانعكاسات وكسر الأشعة المتكرر اللانهائي) وذات الحركة (مثل الفلاشات والموتورات).

ولقد تميزت أعمال كل من دان فلافن وشارلز روس على وجه الخصوص في هذا المجال (استخدم روس الضوء عبر المنشور في الستينات) وبدأ فلافن بنحت أعمال فنية مضاءة، وكان يقوم بتصميم وترتيب أنابيب الفلورسنت في الفضاء على أنها " أشياء تم العثور عليها".

وكتب جون ميجور John Maguire ما يلي: "فكرة أن كل الفنون المرئية تعتمد على الضوء هى مسألة واضحة وجلية ولكن العمل بشكل مباشر في الضوء بدلاً من خلق أشياء ترى في الضوء توفر فرصا جديدة متعددة الرؤى ولقد كان لفن الضوء تأثير واضح على مساحات أخرى من تصميمات الإضاءة كالإضاءة المعمارية مثال ذلك صورة للنحت الضوئي الموجود في مدخل مبنى لوبيز الإداري في مدينة "ريزال Rizal " بالفلبين، وهو مبنى مركز إدارة شركة كهرباء مانيلا، وهو من أعمال "مارتن جارون" Martin Garon وقد تمت معالجة كل الواجهة الخارجية بهذا المبنى على أنها نحت مضئ ضخم (٢٨).

الحركة في التشكيل الضوئي

كلمة (اللوميا) Alomia هى كلمة صاغها (توماس ويفريد) لتصميم الأشكال الضوئية المتحركة المعروضة على ستارة نصف شفافة، وتسمى في بعض الأحيان الموسيقى الملونة.

وتنقسم حركة التشكيل الضوئى إلى نوعين:

أولاً: قد تكون حركة طبيعية فعلية إما في الهيئة النحتية أو في الضوء [٣١].

ثانيا: الانتقال المفاجئ ما بين الألوان الضوئية المتباينة يعطي الإيحاء بالحركة، بينما الدرجات الضوئية اللونية الواحدة تحقق نوعاً من الإيقاع الهادئ).

ففي مجال الحركة أخرج عدد كبير من الفنانين أعمالاً تجريدية حركية مثال النحات "موهولى ناجى" وخاصة عمله النحتي الضوئي الحركي باسم Lichtreguist ، ولقد عرض ذلك العمل في متحف بمدينة نيويورك في الفترة ما بين ١٩٢٢و ١٩٣٠. وظهرت فكرة الفن النحتى المدار وبصحبته مئات من اللمبات الضوئية الملونة في هذا العمل الفنى[٢٦].

التشكيل بالضوء من خلال خامة الأكريليك

يهدف التشكيل بالضوء إلى إنتاج نحت يستقطب الضوء و يشعه، سواء كان مصدره طبيعيا أو صناعيا، ولقد ساعدت التكنولوجيا المصاحبة للضوء، إلى بزوغ ما أسماه ملجورى Magory " بالفن الضوئي القائم بذاته " ، فنا متطورا في الأربعينات والخمسينات، حيث جعلت الأشكال النحتية الضوئية التي تضيء وتدخل في عالمنا الإحساس بالحركة واللون والتصميم هذا الفن قائما وتعتبر مادة متبلمرات الأكريليك أكثر المواد التي يظهر بها تأثير التشكيل بالضوء مباشرة ، حيث أنها مادة راتنجية (بلاستيك) لها خاصية الشفافية التي تسمح بنقل الضوء مما يضيف معه صفة غير عادية على العمل النحتي[٢٨].

وبخلاف الزجاج فإن الأكريليك من الخامات القليلة التي تسمح بمرور الضوء عبر الشكل ، حيث يمكن تلميع الأكريليك بدرجة تمكنه من عكس الضوء [٣٢] ويمكن (أن يقوم

النحات بإبداع تصميمات غائرة على سطح لوح الأكريليك ويتم بعد ذلك إضاءتها واستخدام المرشحات اللونية المثبتة أمام مصدر الضوء لتلوين الضوء الداخل إلى بلاستيك الأكريليك.

ويمكن تقسيم الإضاءة خلال خامة الأكريليك إلى نوعين:

١- الإضاءة الحافية

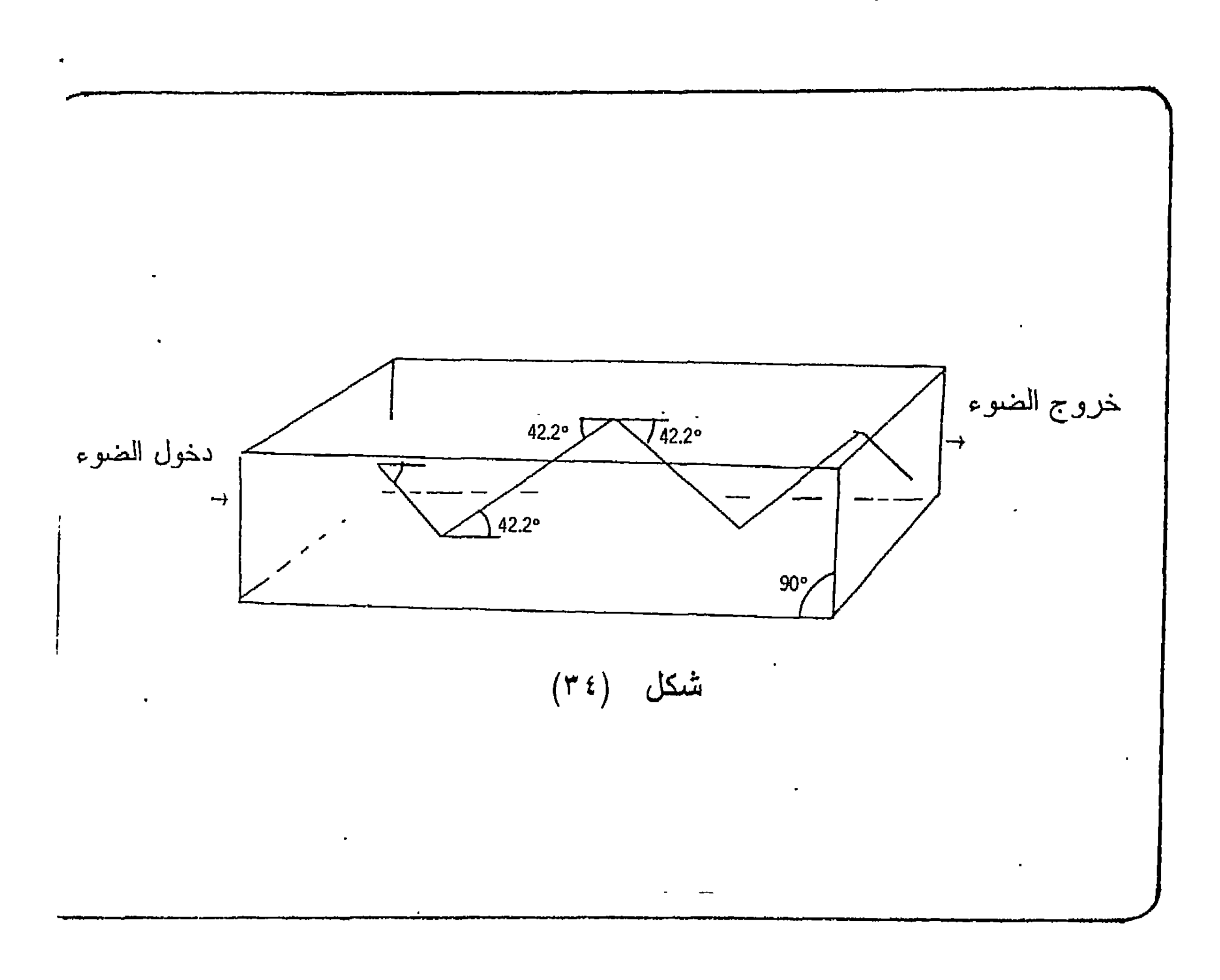
٢- إضاءة النقوش الغائرة [١٥]

١- الإضاءة الحافية

المقصود هو ضوء الحافة في الأشكال المصنوعة من خامة الأكريليك، وفي الواقع فإن هذه الظاهرة تنفرد بها خامة الأكريليك الشفاف وخاصة الألواح الشفافة، حيث يمكن أن تنتقل عن طريق الإنعكاسات الداخلية نحو ٩٢% من الضوء الداخل إلى لوح مصقول من مادة الأكريليك إلى الحافة الأخرى لذلك اللوح.

وإذا ما سقط الضوء على أحد جوانب ذلك اللوح بزاوية تزيد عن ٤٢,٤ (شكل ٣٤) فإن ذلك الضوء سوف ينكسر أو ينحنى بحيث لا ينفذ إلى خارج اللوح، وانما يعود للانعكاس مرة أخرى إلى السطح المقابل للوح الأكريليك، ويظل الضوء مستمرا في انعكاسه وارتداده من أحد أسطح اللوح إلى السطح الآخر إلى أن يصل آخر الأمر إلى النهاية البعيدة أى إلى سطح اللوح المواجه للسطح الآخر الذى دخل منه الضوء[٢].

ومن الفنانين الذين اعتمدوا على استغلال ظاهرة الإضاءة الحافية لخامة الأكريليك الفنان دي وين فالنتين Valantine (الذى استخدم ضوء النهار العادي في إنجاز أعماله الضوئية، فهو لم يستخدم أى ألوان في عمله الفني المسمى الضوء المنحني Catenary Light واكتفي بالألوان الناتجة عن ضوء النهار العادي، حيث أكتشف أنه يصدر ألوانا تغطي أى لون آخر مصطنع. ومن أهم أعماله في هذا الصدد[٢٩]:



شكل (٣٤)

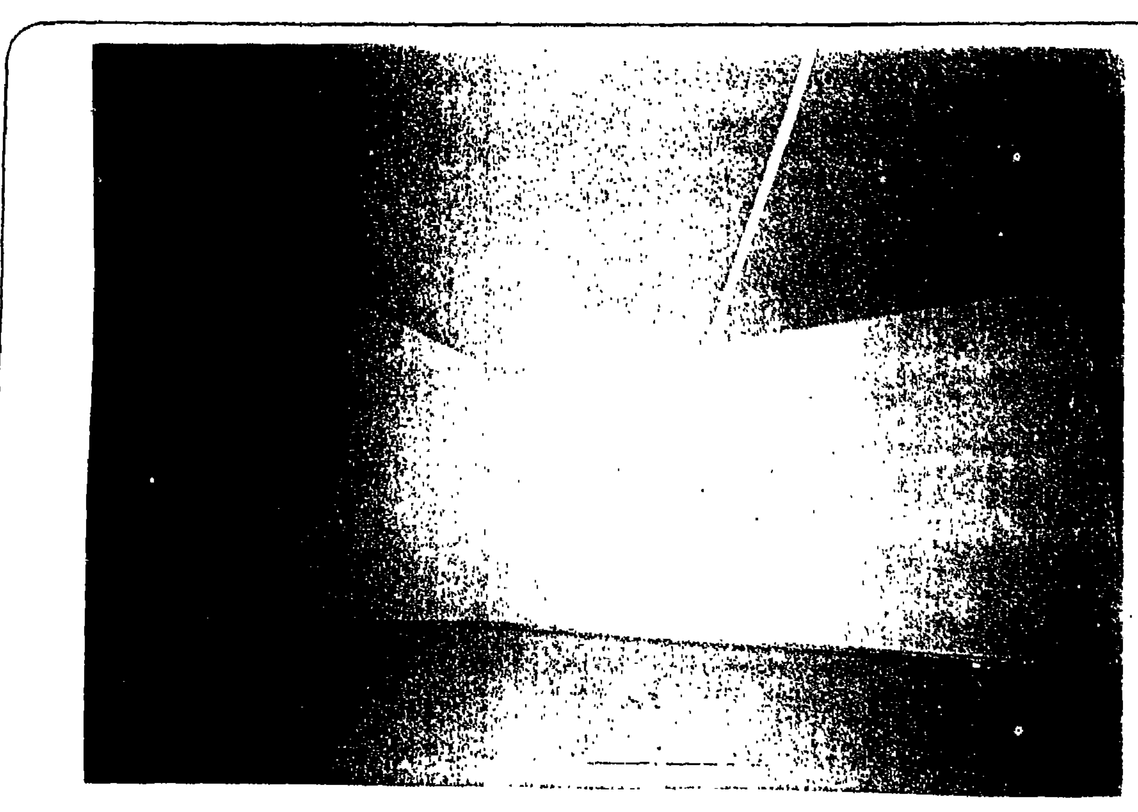
أ- الضوء المنحنى Catenary Light

خط متوهج من الضوء (شكل ٣٥) يسري خلال الظلام منحنيا قطريا من أحد أركـان السقف إلى الركن المقابل، ولقد بدأ خط الضوء من السقف ثم هبط ثلاثة أرباع المسافة متجـها إلى الأرضية ثم بعد ذلك عاد مرة أخرى إلى السقف، وقسم خط الضوء الغرفة إلـى مثلثيـن متباينين من الظلام الدامس، وكل مثلث مضيء بالقرب من الخط الضوئي المنحني ودامـس في الأركان غير الواضحة ، إلا أن الغرفة ككل يمكن تمييزها علـى أنـها مكعبـة الشـكل. والشيء الهام بخصوص هذا العمل هو أنه على الرغم من كونه عملا قويـا وفريـدا إلا أن الوسائل التي استخدمت في تحقيقه كانت بسيطة وسهلة ، إذا أن ثقبين قد حفرا في السقف فـي ركنين متقابلين ، أحدهما في القطر من أحد النواحي، بينما يقع الثقب الآخر في الطرف الآخر من القطر من الناحية الأخرى . وهاتان الحفرتان سمحتا للضوء أن ينساب إلى أسـفل عـن طريق القضيب المصنوع من الأكريليك، ثم ينحني الضوء بانحناء القضيب، ثم يصعد ثانيـة خلاله إلى أن يصل إلى نهايته في الركن المقابل.

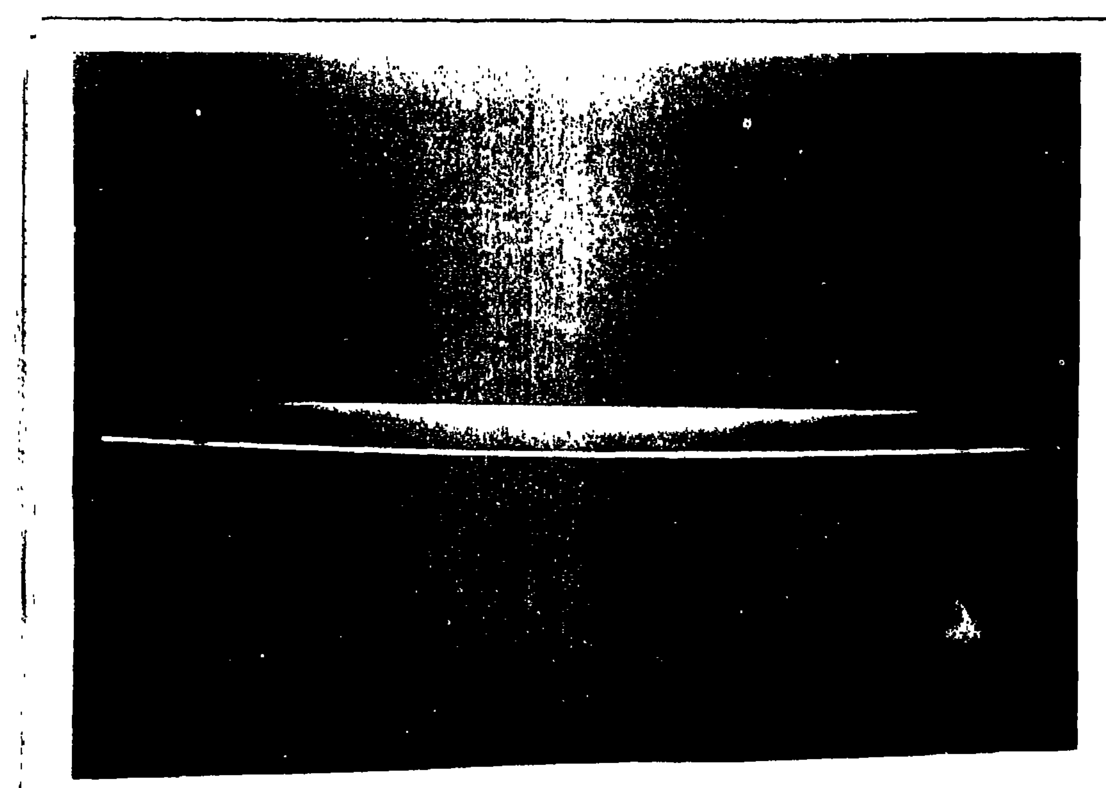
ب- الطيف المتزن على دعامة Cantilevered Spectrum

بينما كان العمل المسمى الضوء المنحنى معتمدا على غرفة مظلمة فإننا نجد العمـل الفني الآخر المسمى الطيف المتزن على دعامة Cantilevered Spectrum معتمـدا علـى غرفة مضاءه، (شكل ٣٦) وفي الوقت الذى كانت فيه الغرفة الأولى مربعة نجـد أن الغرفـة الثانية كانت مستطيلة – وأبعادها ٤٠ × ٦٠ قدم .

وهذا العمل الأخير عبارة عن لوح سميك من الأكريليك يمتد أفقيا بطـول الغرفـة، وبمستوى عين المشاهد، ويبرز عده أقدام بعيده عن الجدار من الداخل . وفي نفس الوقت كان ينفذ اللوح إلى خارج الجدار من خلال فتحة أفقية منحوتة في الجدار وتـؤدي إلـى خارجـة والشريحة مثبتة من كلا طرفيها في الجدران الجانبية. ويفاجأ الداخل إلى الغرفة بأنه محـاط بأضواء وردية حمراء أخذت طريقها خلال مقلتيه، وتواجهه شريحة معلقة في فضاء الغرفـة ذات ألوان قوس قزح. وهذه الأمثلة التي قدمها لنا "فالنتين" كانت قوية وهندسية ومكثفة إلـى جانب كونها تتسم بالروح الرومانسية والخيالية ، ففي هذه الأمثلـة كـان المشـاهد محاطـا بالفراغات والمساحات الملونة المليئة بالضوء ، وكان من الصعب على المشاهد أن يتحقق من



شكل (٣٥) الضوء المنحنى Catenary - للفنان دى وين فالنتين



شكل (٣٦) Cantilevered spectrum - للفنان دى وين فالنتين

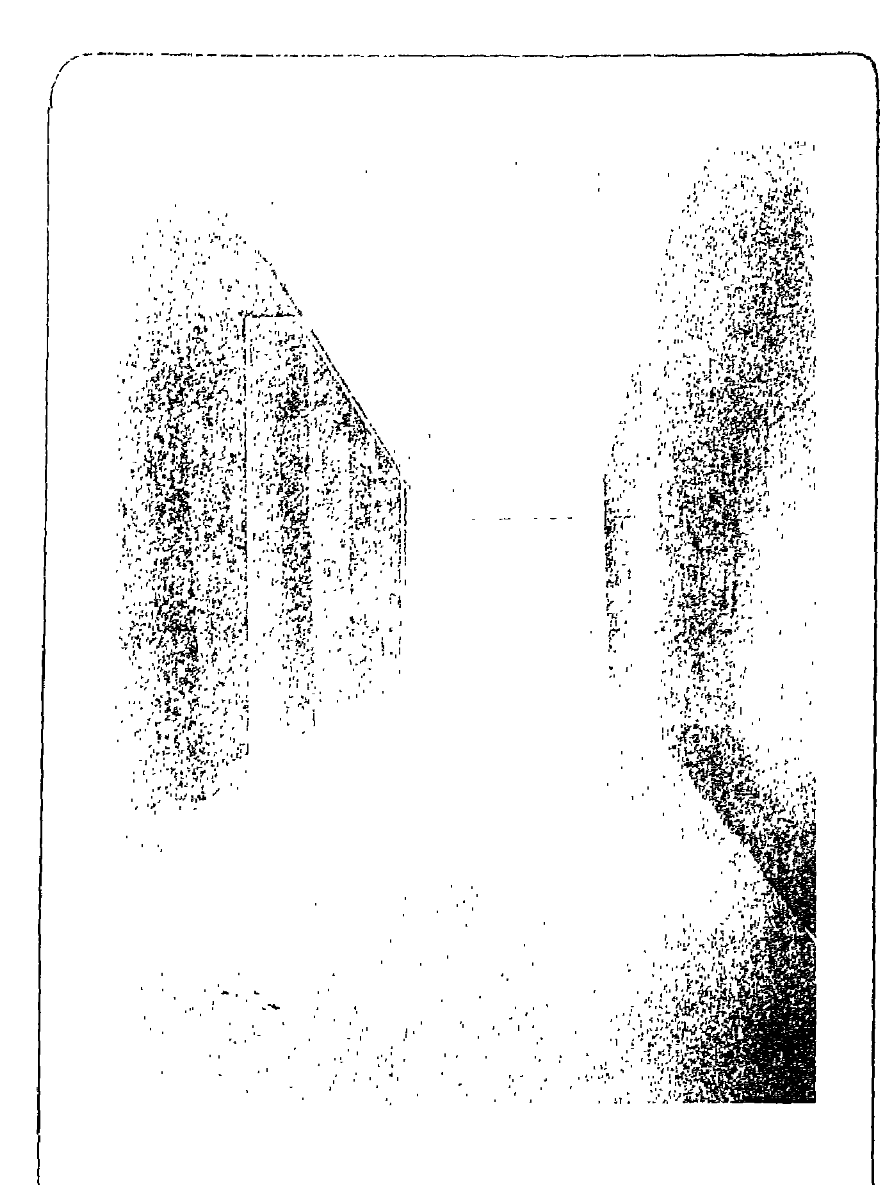
كيفية خلق هذا الجو المحيط به، وفي نفس الوقت كان من الأهمية بمكان ألا يحاول المشـاهد تحطيم هذا السحر المحيط به بمحاولة تحليله ومعرفة مكوناته . وعلى الرغـم مـن أن تلـك الأعمال الفنية التي قام بها فالنتين كانت تبدو معقدة – إلا أنها تطلبت قدرا كبيرا من الإعـداد والتجهيز.

ج- شرائح الضوء المتزنة على دعامة Cantilevered Planes

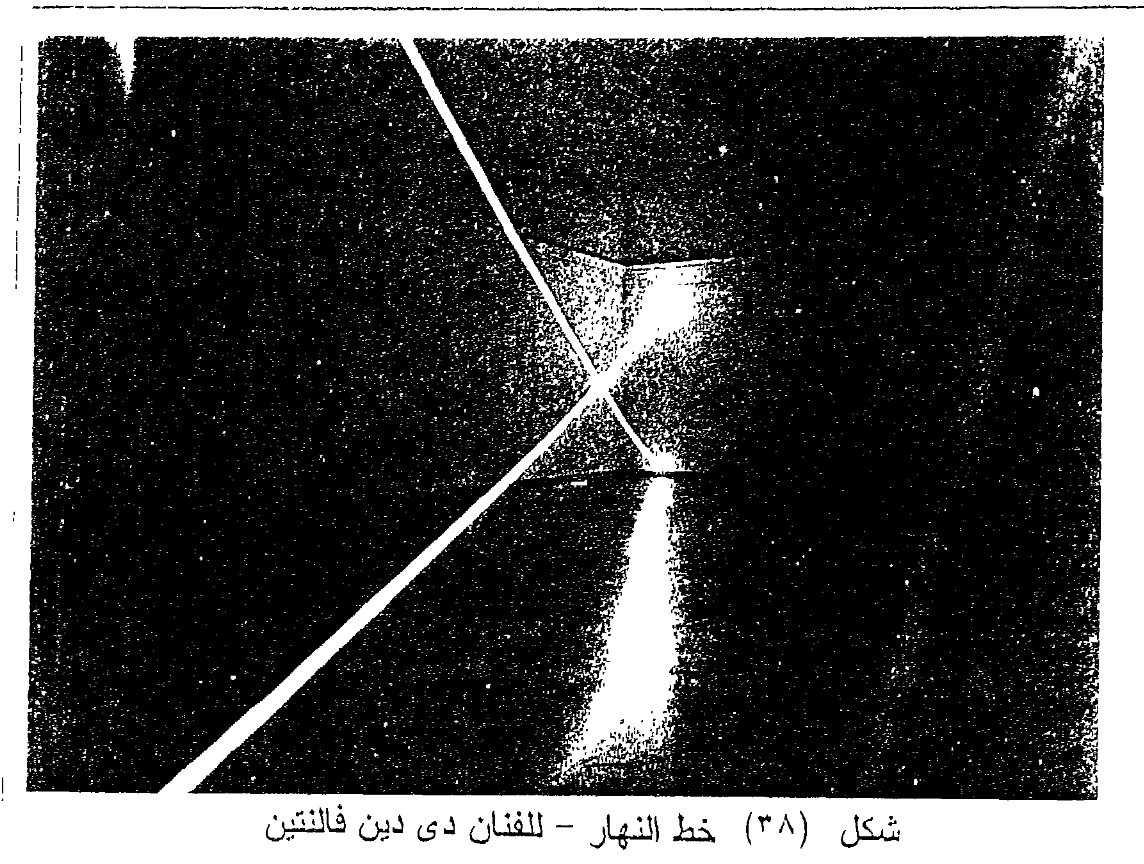
وكان العمل الفنى المسمى شرائح الضوء المتزنة علـى دعامـة Cantilevered Planes (شكل ٣٧) مختلفا كليةعن الأعمال الأخرى التي قام بها " فالنتين " في هذا المجـال، ففي هذا العمل الفني كانت ألواح الأكريليك مركبة ومثبته بطريقة رأسية وليست أفقية ، ومـع ذلك فإن حواف تلك الشرائح فقط هى التي كانت تخدعنا حيث أنها تبدو وكأنها محددة بضـوء النيون إذا ما تعرضت لضوء النهار. وعند دخول المشاهد إلى الغرفة المظلمة التـي أعدهـا فالنتين لعرض هذا العمل كان يفاجأ بشريحتين مستوتين من الضوء تبدوان وكأنهما سـابحتين في الفراغ. ولأن حواف تلك الشرائح كانت متوهجة، فكانت الشرائح تبدو وكأنها رسومات في الفضاء المظلم، ولقد تمكن فالنتين من خلق شريحة ثالثة من الضـوء نتجـت مـن انعكـاس الشريحة الأولى على الثانية. ومن الناحية التقنية فلقد انجز العمل الفني شرائح الضوء المتزنة على دعامة بنفس الكيفية التي أنجز بها العمل الآخر المسمى الضوء المنحني، فلقـد ثبتـت شرائح من الأكريليك في فتحة موجودة في جدار خارجي، ووصلت أركـان تلـك الشـرائح بواسطة أسلاك تم توصيلها بالسقف والأرضية، وكان ضوء النهار يلتقـط بواسـطة ألـواح الأكريليك ثم ينقل إلى حواف تلك الشرائح فيضيئها.

د- خط النهار Day Line

وبإنجاز العمل الفنى المسمى خط النهار " Day Line" (شكل ٣٨) أضاف "فالنتين" حرف "X" ضوئى عملاق إلى أعماله الفنية المرئية . والفراغ الذى هيأه فالنتين لهذا العمل كانت أبعاده ٧٠ قدم طولا و ٥٠ قدم عرضا، بينما ارتفاعه ٣٠ قدما. وشرح لنا فالتين كيفية إنجاز هذا العمل فقال " من أجل ذلك العمل الفني قمنا بالحفر في جدار المتحف حتى وصلنا



شكل (٣٧) شرائح الضوء المعلق - للفنان دى وين فالنتين



شكل (٣٨) خط النهار - للفنان دى دين فالنتين

بالحفر إلى الخارج ، وتم الحفر في منطقتين في الركن الجنوبي الشرقي ناحيـــة الأرضيـة، وكذلك في الركن الجنوبي الشرقي ناحية السقف، ثم بعد ذلك تم تثبيت قضيبين من الأكريليـك أحدهما يمتد بطريقة قطرية من مركز سقف الغرفة إلى الحفرة الموجودة في الجدار والقريبـة من الأرضية، والقضيب الآخر يمتد من مركز أرضية الغرفة ليصل إلى الحفرة الموجودة فـي الجدار والقريبة من سقف الغرفة. وبهذه الكيفية تقاطع القضيبان وصنعا حرف " × " كبير.(٢٩)

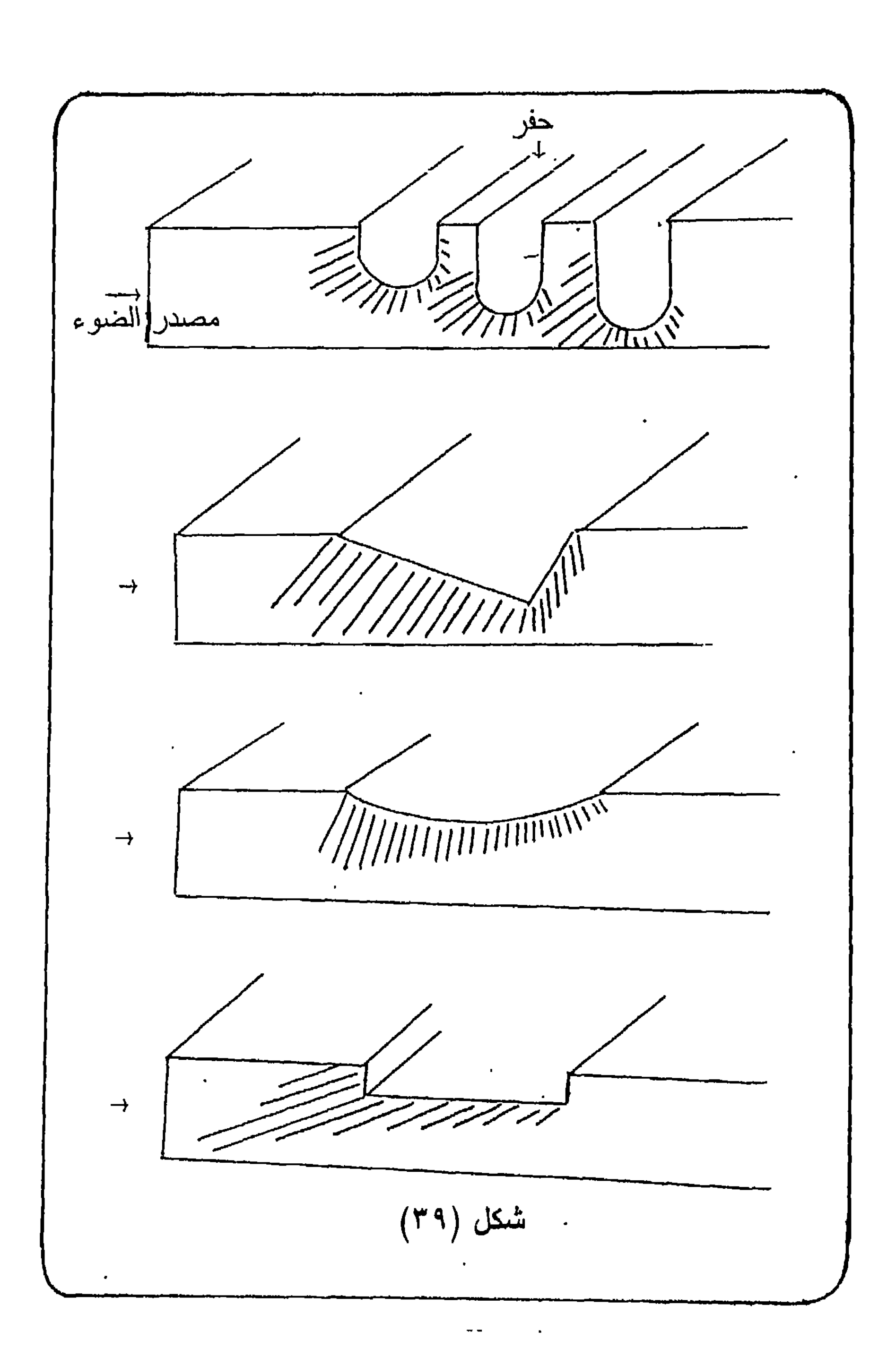
٢- إضاءة النقوش الغائرة ITAGLIO

وإذا ما أحدثنا نقوشا أو حفرا على سطح لوح الأكريليك بطريقة أو بـــأخرى، فـإن بعضا من الضوء سوف ينفذ إلى الهواء محدثا نوعا من التوهج الضوئـــي، ويمكننـا إعاقـة الأسطح العاكسة بطريقة متعمدة في أى تصميم من التصميمات المصنوعة مـــن الأكريليـك والتي يقصد بها تسريب الضوء إلى الخارج ، بحيث يتسرب الضوء خارجا من خلال أى قطع أو حفر يقوم به الفنان على السطح الخارجى لذلك التصميم. وبتحديد خاصية الضـــوء الـذى سوف نحققه اعتمادا على زاوية السطح المخدوش مع السطح اللامع (شكل ٣٩) ومدى عمـق القطع أو الحز والمسافة التي تبعده عن مصدر الضوء.

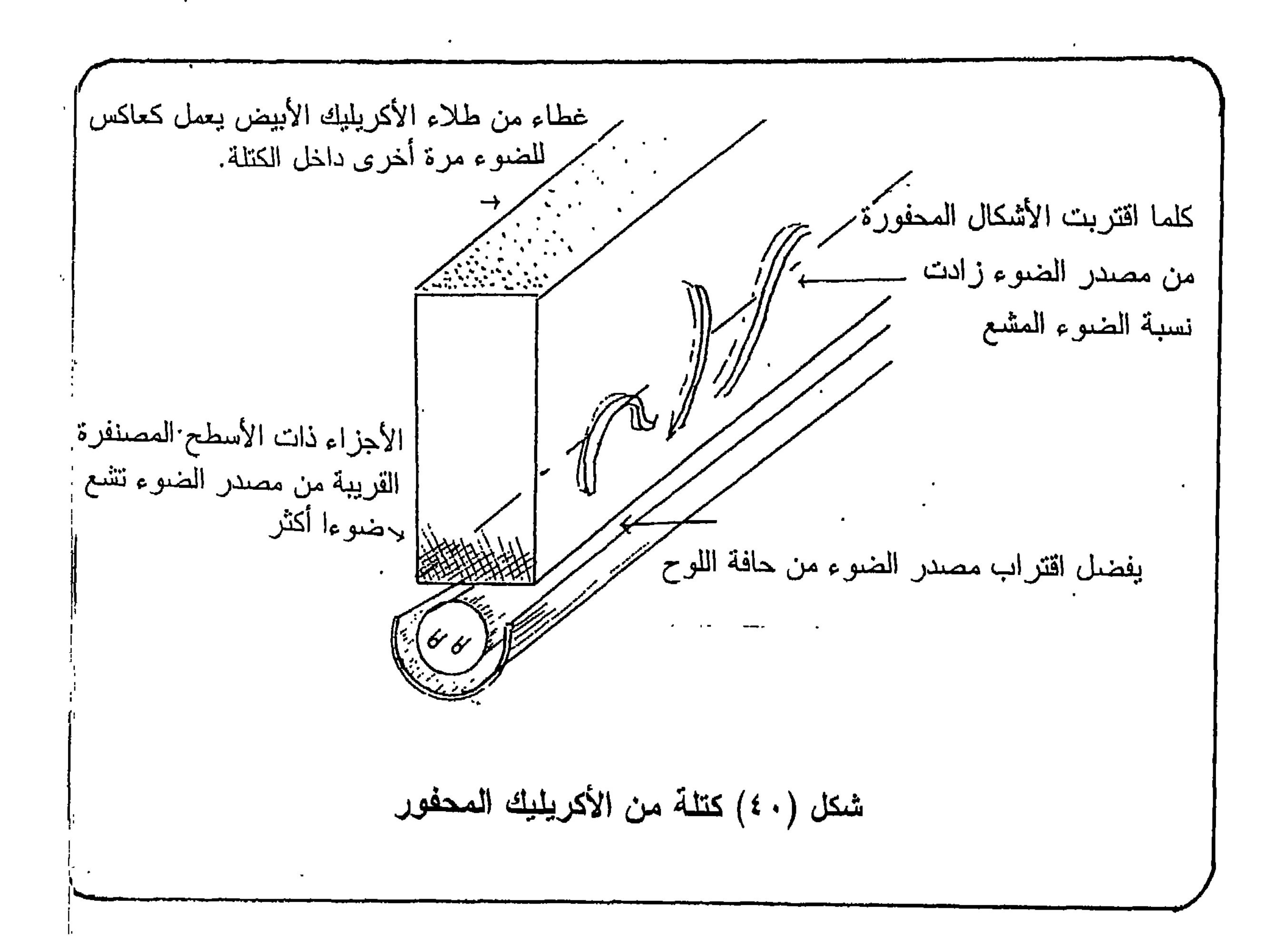
ويمكن استخدام شريط من الأكريليك به ثقوب ذات أعماق مـــتزايدة محفـورة علـى مسافات متساوية بطول خط عمودي على مصدر الضوء كمرجع ودليل لنا .

يظل السطح المصقول غير مضيئ بحيث يمكن عمل تأثيرات رائعـــة عـبر تداخـل المسافات غير المضاءة مع التشكيلات التي تم حفرها، فتظـــهر الصـــورة المنحوتـة بـارزة ومجسمة بالضوء المتألق. ويمكن مضاعفة هذا التأثير عن طريق تلويـــن اللـــوح بـالألوان المناسبة، كما يمكن أن يبقى الضوء داخل الأكريليك عن طريق تغليف الحواف جيدا بـــورق الألومنيوم أو لون اكريليك أبيض، وفي هذه الحالة سيتم عكس الضـــوء إلـــى داخـل اللـوح وتركيزه عند الحزوز المحفورة (شكل ٤٠) فتظهر الصورة بارزة وكأنها مجســـمة بـالضوء المتألق، ويمكن مضاعفة هذا التأثير عن طريقة تلوين اللوح بالألوان المناسبة (٣١).

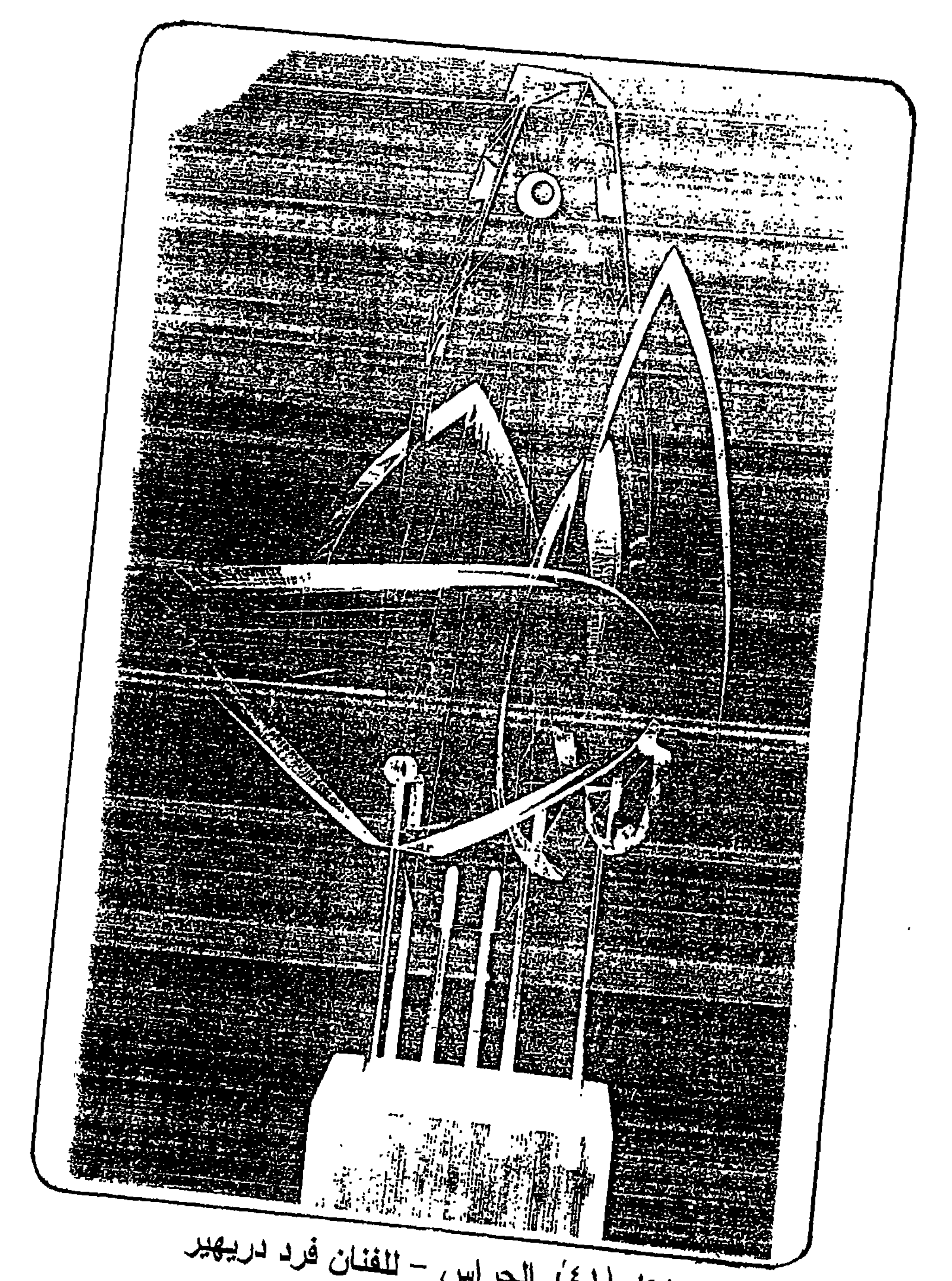
استخدم الفنان " فرد دريهير " Fred Dreher في عمله النحتي المســـمى الحـراس (شكل ٤١) "Sentinels" كلا من الخطوط المحفورة والثقوب بالإضافة إلى استخدامه للحواف المنحنية. وفي هذا العمل النحتي، تتناقض الأشكال ذات اللمعان الشديد مع القاعدة المصنفـرة Frosted base التي يتم اسقاط الضوء من خلالها.



شكل (٣٩)



شكل (٤٠) كتلة من الأكريليك المحفور

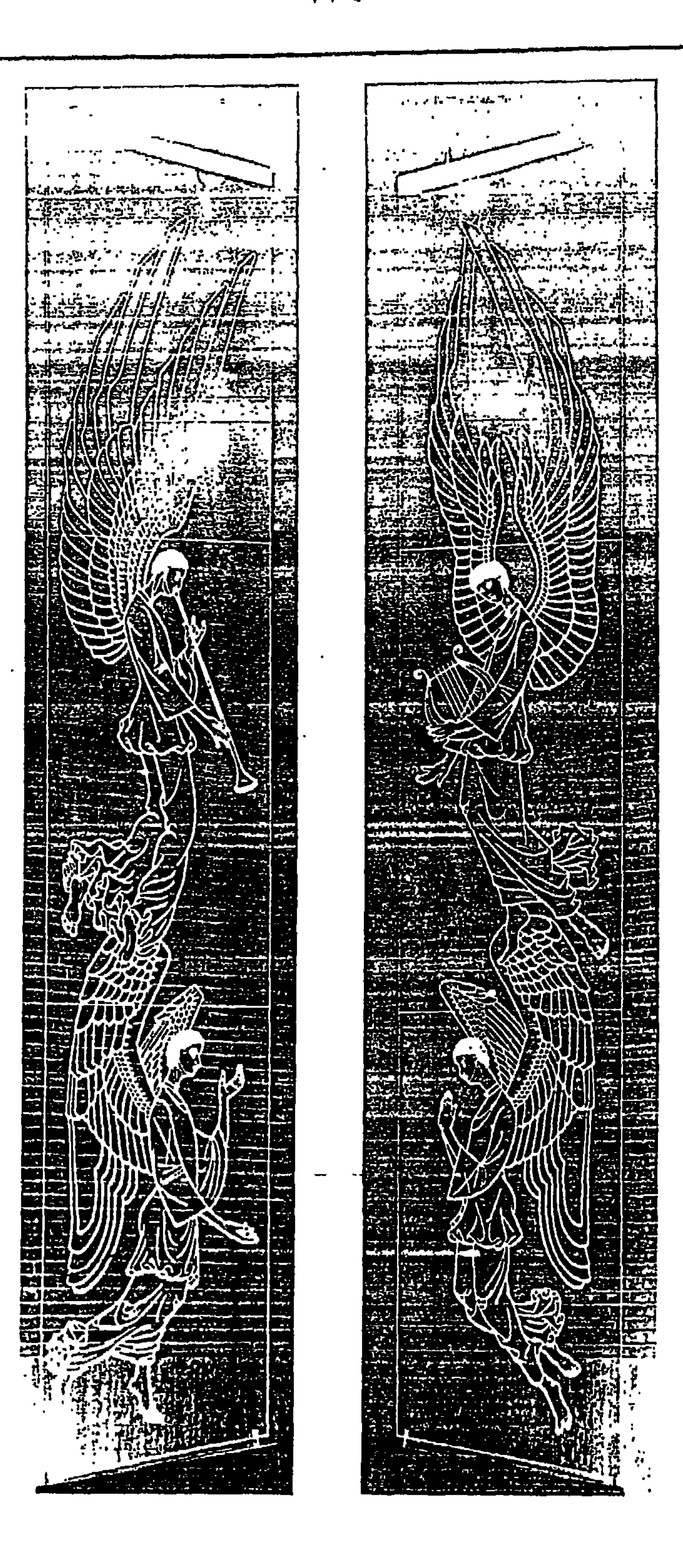


شكل (٤١). الحراس - للفنان فرد دريهير

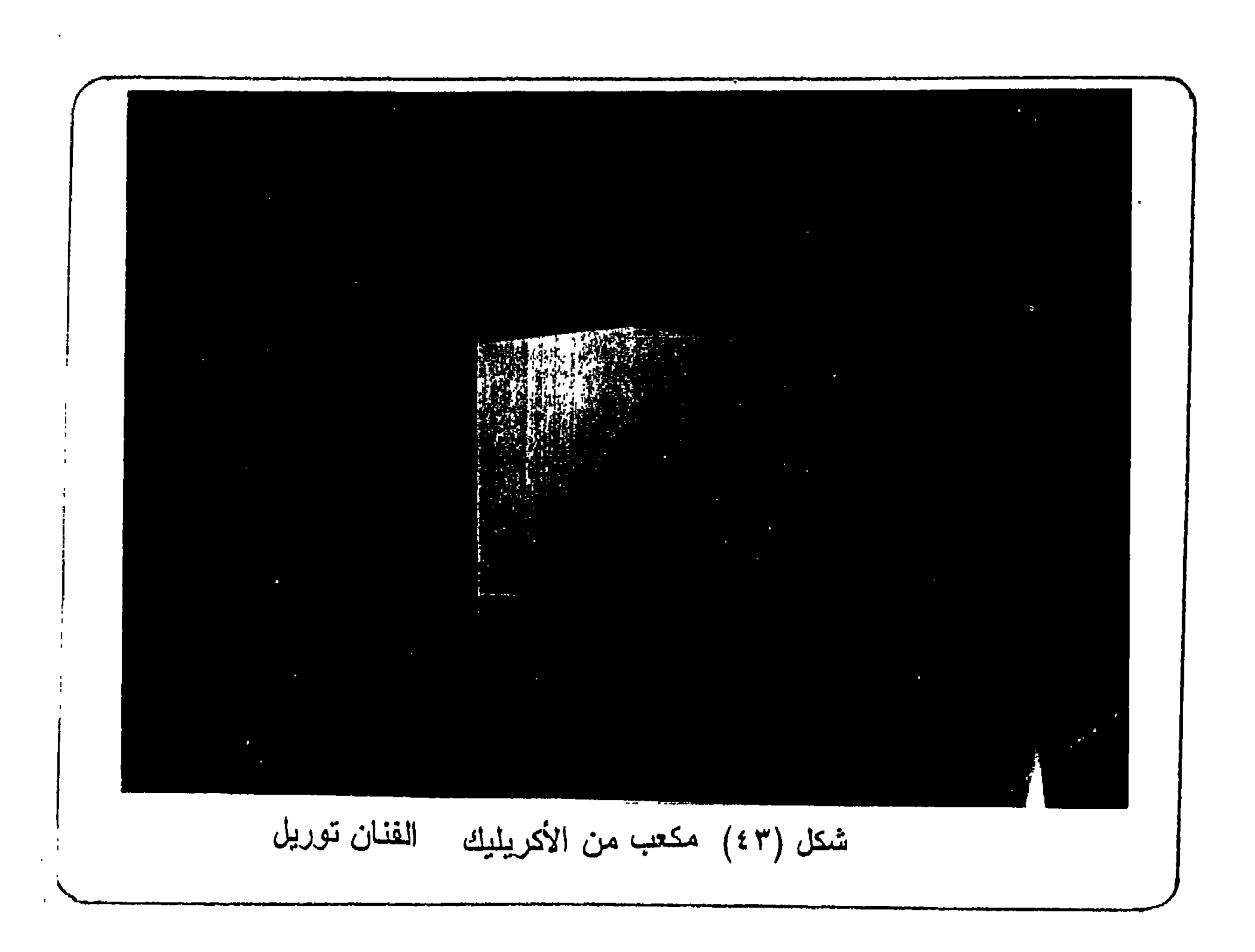
وغالبا ما يقوم " دريهير " بإخفاء مصدر ضوئي في قاعدة العمل النحتي. وباستخدامه مناشير يدوية يقوم دريهير بقطع أشكاله التي يصنعها من الواح يتراوح سمكها ما بين بوصة وثلاث بوصات، وبعد أن يقوم بصقل تلك الأشكال تصبح مثل الكريستال في وضوحها ولمعانها.

ويوضح (شكل ٤٢) صورة لتفاصيل الجدران أو الحوائط الأكريليكية المحفورة اليمنى واليسرى التي قام بعملها روسيل كاروس بالإضافة إلى المنظر الكلي الذي يبين كيف يجعل المصدر الضوئي الخطوط المحفورة قادره على إصدار الضوء.

ومن بين الأعمال الضوئية المنفذة بخامة الأكريليك عمل للفنان توريل الذى عرض في متحف الفن باسادينا (شكل ٤٣) ولقد سمى العمل افرام Afrum وهو عبارة عن مكعب من الأكريليك ذي ثلاثة أبعاد من الضوء ، متدليا في ركن من أركان غرفة مظلمة دون وجود ما يدل على أن هناك شئ يمسكه. ويبدو ذلك المكعب غامضا ومبهما، وكأنه ذو كثافة ووزن. وفي الحقيقة فإن ذلك المكعب لم يكن ليأخذ وضعه بهذا الشكل إلا من ضوء كثيف مسلط عليه من جهاز يصدر ضوءا قويا (٣١).



شكل (٤٢) حوائط إكريليكية - للفنان روسيل كاروس



شكل (٤٣) مكعب من الأكريليك الفنان توريل

الفصل الثالث
التشكيل بالتلوين

يقول كولترمان Coulterman في مقاله عن الألوان " الألوان هذه الصورة من صور الإفصاح عن واقع بعيد الأغوار، تحمل من المعاني والدلالات ما يفيض على العقل ومجـــال الوعي، يشق الطريق على عوالم السحر والانفعال، وإن ما تحتفظ به من فعالية وتأثير مرجعه إلى ثوابت لا شعورية ظلت قائمة على مر آلاف الأعوام، ورغم تطور الإنسان" (٢٧).

البلاستيك الملون صناعيا

تتكون المواد الملونة في صناعة البلاســـتيك مـــن مجموعتيـــن الأصبـــاغ Dyes ، والمخضبات Pigments، ويمكن التمييز بينهما عن طريق قابلية الذوبـــان أوعـــدم القابليـــة للذوبان في وسط البلاستيك. فالأصباغ عادةـتكون ذائبة وتعطى للبوليمر الذائبة فيـــه لونـــها، وعلى الجانب الآخر فإن المخضبات غير ذائبة، وتعطي لونها للوسط عـــن طريـــق انتشـــار جزيئاتها فيه وتتميز الأصباغ بأن الوانها نقية زاهية، شفافة، وهى أقل ثباتا للضوء والحـــرارة عن المخضبات، ومع ذلك فإن هناك البعض من ألوان هذه المجموعة من الأصبـــاغ تتمـــيز بثباتهاعن المجموعة الأخرى.

خواص المخضبات

تنقسم خواص المخضبات إلى ثلاث أقسام:

١- خواص بصرية Visual

٢- خواص تشغيل Processing

٣- خواص الخدمة أو الكفاءة Service

وتتعلق الخواص البصرية بقدرة المخضبات على الانتشار أمـــا خـــواص التشـــغيل، فالمقصود بها القدرة على التفاعل مع الخامة والثبات الحرارى، والتـــأثير علـــى الخـــواص الطبيعية للخامة، حيث ان بعض المخضبات ــ وخاصة تلك التي تحتوى على املاح معدنيـــة ــ يمكن أن يتفاعل مع البوليمر المذاب أو المنصهر أثناء التشغيل فتغير من لونه أو لزوجته. كما يمكن أن تؤثر بعض المواد المساعدة وخاصة المحتويه على النيكل على ثبـــات اللـــون، ونتيجة لإختلاف البوليمرات من ناحية هندسة الجزيئات، فإن أنواع المخضبـــات المســـتخدمة يمكن ان تتعرض لمدى واسع من الحرارة. ولذا فإن الثبات الحرارى عنصر هام للغاية.

أما عن خواص الخدمة فإن بعض من الخواص الهامة لمتطلبات الخدمة هى الثبات الضوئي ومقاومة الهجرة (هى تحرك جزيئات اللون المتجانس في الوسط بعيدا عن أو قريبا من مؤثر خارجي مثل الحرارة والإجهاد) والخواص الكهربائية.

تختلف متطلبات الثبات الضوئي حسب احتياجات الاستخدام حيث تتراوح بين درجات ثبات عالية جدا إلى درجات متوسطه للأعمال الداخلية وكذلك تتأثر درجه الثبات للضوء بكمية الرطوبة، ويتراوح التأثير بين خفوت اللون (باهت) والإعتام. تنقسم المخضبات إلى نوعين: عضويه وغير عضويه، وتتميز المخضبات غير العضويه بأنها أقل تكلفة وحجم جزيئاتها أكبر، وقدرتها على التغطية أكبر، ومقاومتها للضوء والحرارة أعلى، ولديها قدرة أكبر على الانتشار، ويسهل تفتيتها وإن كانت قابلة للصنفرة، وألوانها تميل إلى القتامة.

أما الأصباغ العضوية فإن تكلفتها أعلى، قوتها أكبر، أصغر في حجم الجزيئات، وأكثر شفافية، ومعرضه أكثر للانتشار، وحساسه أكثر لتأثيرات الحرارة والضوء، كما أن ألوانها أكثر زهاء.

وهناك أنواع من المخضبات المستخدمة في تلوين البلاستيك يمكن ان تعطي الوانا ذات خاصية الإشعاع الضوئى ويعيب هذه الألوان أن ثباتها الضوئي ضعيف وكذلك ثباتها للحرارة.

ويمكن استخدام مواد لإعطاء تأثير لؤلؤى ينتج عن انعكاسات خارجية وقدرة على بعثرة الضوء في اتجاهات متعددة. وكذلك إضافة مساحيق معدنية للحصول على تأثيرات انعكاسية مثل مسحوق الألومنيوم والبرونز[٩].

ويوضح (شكل ٤٤) تباين الدرجات اللونية (المتدرجة من الشفافية والمعتمة المصنوع منها خامة الأكريليك، وكذلك الأنواع ذات التأثير اللؤلؤى وغيرها التي تعطي ملمس المعدن – الرخام.



شكل (٤٤) تباين الدرجات اللونية لخامة الإكريليك

التشكيل النحتى باللون

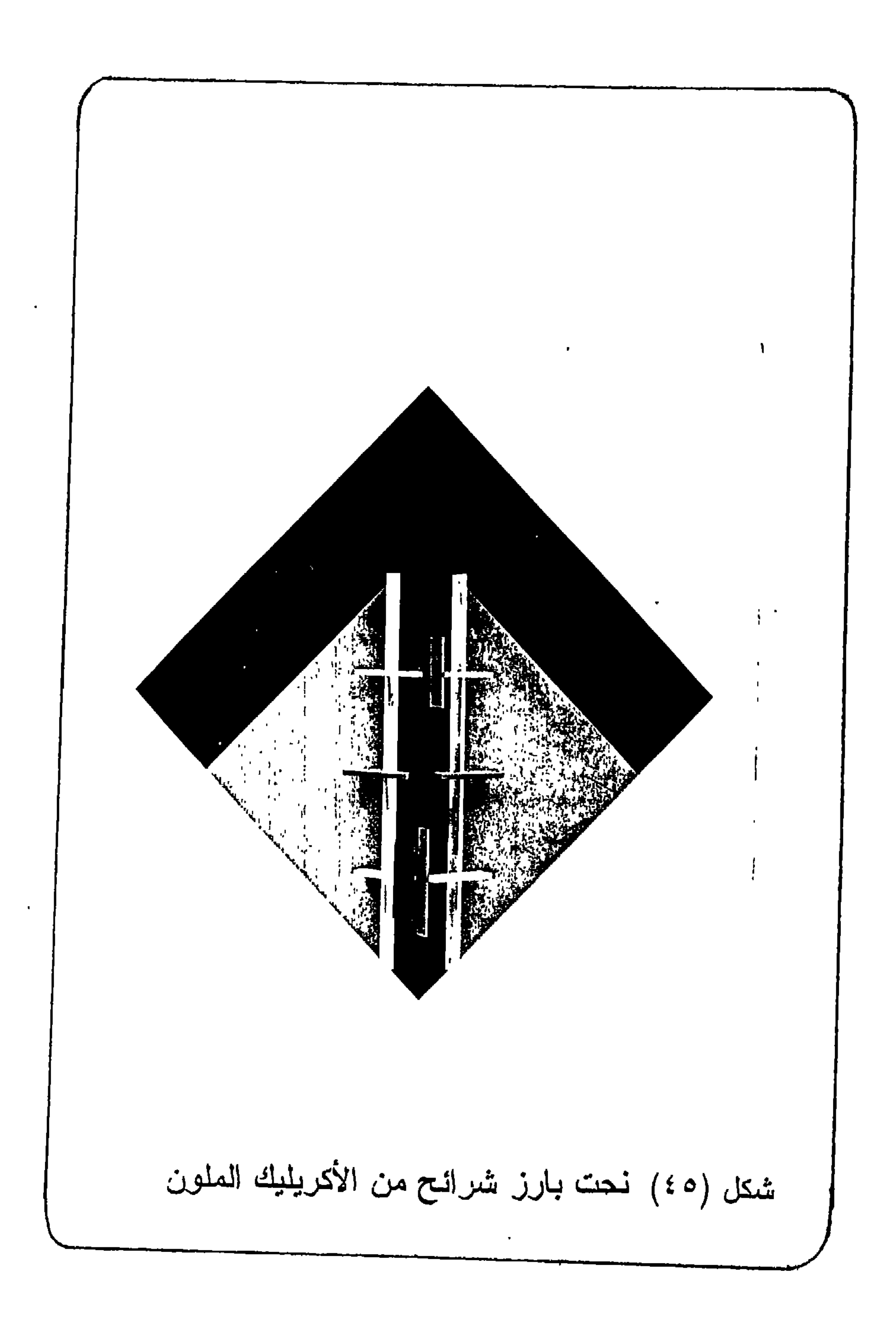
يمكن للنحات تلوين العمل النحتي المنفذ بخامة الأكريليك الشفاف بأكثر من طريقة، اما باستخدام الطلاءات، وأما بالتشكيل المباشر بالألواح الملونة سواء الشفاف منها أو المعتم (شكل٤٥)، أو تلوين العمل بالإضاءة المحكمة التي لها القدرة على خلق تغيرات سريعة وفائقة في اللون والشدة، كما إنها تضيف بعدا زمنيا وترفع من قيمة العمل الفني وتنقل المشاهد بخياله وكأنه يعيش بالفعل زمن العمل. كما قد يلجأ الفنان إلى التجارب التي اجراها العلماء سواء في مجال الفيزياء أو الفسيولوجيا أو علم النفس إذ أن استيعابه لهذه القواعد يفيده في توظيف أهدافه التشكيلية إلى رسائل للمتلقي بمختلف أغراضه النفسية والفسيولوجية ".

أولا التلوين بالضوء

الضوء الملون له سحر وجاذبية خاصة لاتوجد في الألوان الصبغية لما له من ميزة الإضاءة والإشعاع، ويمكن رؤيته والتمتع به بوضوح خاصة لو كان هناك إظلام، وهذا يقوي من عملية استقبال الأشياء والإحساس بها.

ويهتم فنانوا الضوء والفراغ بالإدراك الحسي باللون. فعندما يستخدم اللون فإنه لايستخدم من أجل ذاته ولكن استخدامه يكون على أساس أنه تواجد حى ملموس. (٣٠)

وقد يلجأ الفنان إلى خلق نوع من الحوار بين المساحات المضيئة وشبه المظلمة والشفافة، ولاشك ان الألوان عامل هام من عوامل خلق الجو المناسب لما يرجوه الفنان بما تضيفه من قيم جمالية، لذلك تسهم الإضاءة في إبراز الأبعاد النفسية ونقل المتلقي إلى حالة نفسية أو عاطفية، وبين نزعة واقعية أو الخيال الكامن في النفس، ويختلف هذا التأثير باختلاف سخونة أو برودة الوان الضوء.



شكل (٤٥) نحت بارز شرائح من الأكريليك الملون

وسائل تلوين الضوء

١- مرشحات اللون

هى شرائح ملونة تعترض مسار الضوء لتكسبه لونها، إن الشريحة اللونية لا تخلق لونا جديدا، بل هى تنقل لونها، فإذا ما سقط شعاع ضوئي أبيض على الشريحة فإنها تمتص كل الألوان المكونة للشعاع. وتسمح بمرور لونها هى فقط، و أشهر أنواع هذه الشرائح الزجاج والبلاستيك.

والملاحظ أن استخدام الزجاج الملون قد يسبب انكسارات وانعكاسات، كما أن ألوانه محدودة جدا، بالإضافة إلى تشققه إذا كان المصدر الضوئى قويا وظل مضاءا لفترة طويلة، وقد توصلت شركة استراند الإنجليزية إلى ابتكار شرائح رقيقة من السيللويد عرفت بإسمها التجارى "سينمويد Cinemoid". هذه المرشحات عبارة عن عجينة من خلات الاسيتات أضيفت لها الألوان من البداية مما أتاح الفرصة للحصول على العديد من الألوان الأصلية والثانوية سواء الساخن منها أو الزاهي أو الباهت. وتشكل هذه اللدائن على هيئة رقائق شفافة تمتاز بنقاؤها بصريا، إذ يمكن رؤية الأشياء من خلالها دون أية انكسارات أو تشوهات لصورة هذا الشيئ المرئي[٢٦].

٢- لمبات ألتوهج

توجد وسائل أخرى للحصول على إضاءة ملونة قد تؤدي الغرض المطلوب منها فنيا، ومن بين هذه الوسائل اللمبات العادية المغموسة في المحاليل اللونية فتغطى سطوحها الخارجية بالمادة الملونة. ومن عيوب هذه اللمبات أنه الطبقة اللونية الخارجية تتأثر بمرور الوقت بفعل الحرارة العالية نتيجة لإضاءتها فترة طويلة ولمرات عديدة، الأمر الذى يجعل هذه الطبقة اللونية تتحول إلى لون داكن. [٢٧]

نموذج لعمل نحتى ملون بالإضاءة الملونة

من أعمال الفنانين التي لعبت فيها الإضاءة الملونة دورا هاما في إبراز قيما تشكيلية به، العمل المسمى "موسيقى الألوان" للنحات جون فان سون John Van Saun (شكل ٤٦):

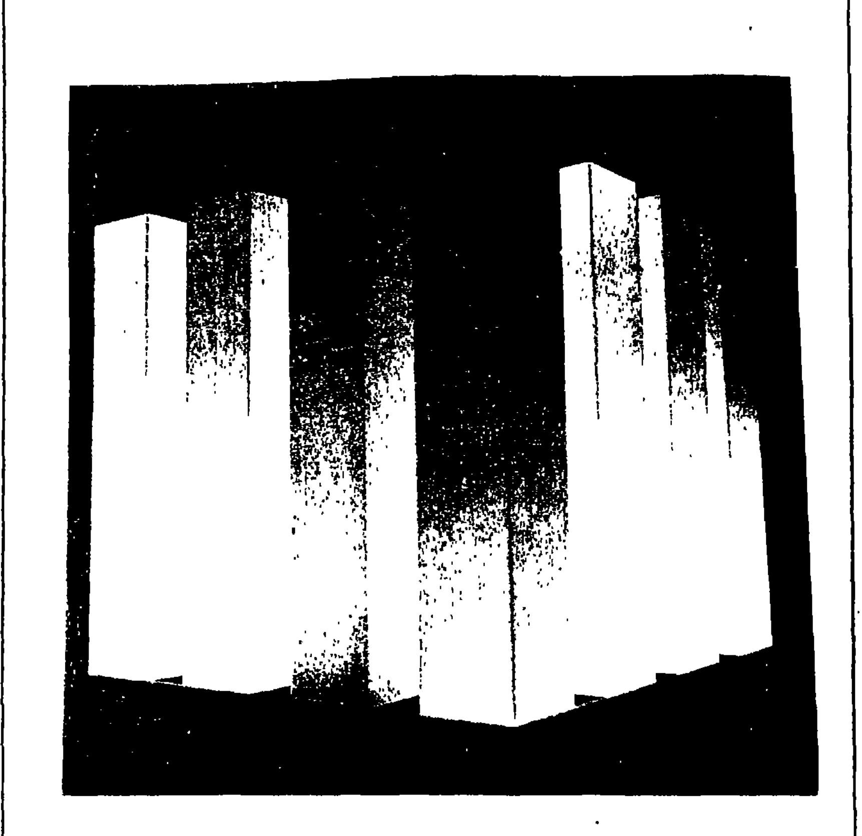
والشكل عبارة عن مستطيلات من الأكريليك، عددها ستة عشر مستطيل ويحتوي على إضاءة متغيرة من مختلف الألوان، ويصحب عرض هذه الأعمال مصادر صوت تصدر موسيقى وتتغير ألوان المستطيلات. والعمل بهيئته الشكلية يقوم على البناء الهندسي المتحقق من المستطيلات المنفذة من خامة الأكريليك التي تسمح بمرور الضوء، وبذلك يعتمد العمل على القيمة اللونية المتغيرة بتغير الإضاءة التي تعمل بدورها على إيجاد نوع من الحركة في الشكل.[١٥]

ثانيا : التلوين بالمواد الصبغية

يمكن الحصول على الأكريليك بمدى واسع النطاق من الألوان المضيئة، أما إذا كانت الألواح الصلبة الملونة غير متاحة، فإنه يمكن تلوينه بعدة طرق: أما بغمره في المحلول الصبغي أو دهانه بالفرشاه، أو رش اللون بواسطة الهواء المضغوط أو باستخدام مخضبات الألوان الخاصة بالبولي استر والأيبوكس[٣١].

طبقة طلاء برايمر شفافة

وضع طبقة من برايمر الأكريليك الشفاف سيحسن من التصاق اللون الأبيض وبعض الألوان ـــ مثل الأخضر ـــ على الأكريليك. وهذه الطريقة قد لا تحسن التصاق كل الألوان، ولكنها يجب ان تستخدم كأجراء ثابت تحت اللون الأبيض. والتكسية الشفافة يجب أن يتم تجفيفها لفترة تتراوح من ١٥ إلى ٢٠ دقيقة قبل إضافة أى طلاء ملون، والتكسية الملونة يجب أن يكون سمكها ملليمتر واحد على الأقل كى تكون قوية الاحتمال.



شكل (٤٦) موسيقى الألوان مستطيلات من الأكريليك

طرق تلوين الأكريليك

١-صباغة الأكريليك بطريقة الغمس Dip – dying Acrylic

يمكن أن يتم صباغة لوح الأكريليك الشفاف أو الأشكال المنحوتة إما عن طريق غمس البلاستيك أو مسحه بواسطة صبغات. والأصباغ المتوفره عادة هي من الأنيلين anilines في قاعدة مائية اسيتونية (الأنيلين هو سائل زيتى سام يستخرج من قطران الفحم ويستخدم في صنع الأصباغ والعطور) وبعد عملية الغمر أو المسح للإكريليك الصلب، يتم الحصول على درجة اللون الشفاف المطلوب، ثم يتم بعد ذلك شطف البلاستيك بالماء وتلميعه بواسطة قطعة قماش ناعمة. ويمكن أن يتم طلاء لوح الأكريليك الشفاف بالعديد من الدهانات ذات القاعدة غير المائية بما فيها استر الأكريليك والفينيل ودهانات المينا اللامعة.

وتكون طريقة تنفيذ التصميمات الملونة عن طريقة تغطية أجزاء ومساحات من اللوح بقناع Grip – Mask (وهو عبارة عن خامة للتغطية ــ زرقاء اللون وشفافة ــ يتم فرشها كسائل بواسطة فرشاه، أو يتم رشها (كرزاز) مباشرة على اللوح. وعندما يجف هذا القناع يكون ما يشبه شريحة رفيعة شفافة يتم القطع خلالها بقاطع أو نصل حاد لفتح مساحات لوضع الألوان بداخلها، ويمكن فرش هذا القناع عدة مرات، ثم يتم نزعه في النهاية عندما ينتهي التصميم (١٧).

٢-تلوين الأكريليك باستخدام عجائن البوليستر

يتم تخديش وترميل السطح لإعطاء حواف أو اسنان، وبعد مسحه بالكحول يتم التلوين بعجائن البولي أستر الملون، ثم يترك ليجف. وفي هذه الحالة يمكن ضغط الخامات الأخرى مثل الزجاج في داخل سطح الراتنج الطرى، وذلك لإضافة أشكال جديدة (٣١).

٣- صباغة الأكريليك باستخدام مسدس الرش

يمكن أن يستخدم مسدس طراز MBC الذي تنتجه شركة دفيليسDeviliss، أو أى طراز مشابه له ذو فوهه مناسبة ومكبس للهواء ملائم له، وعادة ما يكون مكبس الهواء ذو العدد الكبير من الأنابيب التي ينفذ منها الرذاذ هو المفضل لرش طلاء الأكريليك. (١٥)

عمل نحتى ملون باستخدام ألواح الأكريليك الملونة الشفافة

ومن بين النحاتين الذين استهوتهم المواد البلاستيكية بطبيعتها، وتكوينها، وقدرتها على العطاء، وثرائها اللوني، وطواعيتها النحات جينو ماروتا Gino Marotta حيث استخدم الفنان ألواح الأكريليك الملونة الشفافة في عمله الذي يطلق عليه "نخيل في بيئة" (شكل ٤٧)، ويعتمد العمل بالدرجة الأولى على العنصر اللوني للمادة، فاستخدم درجات لونية متباينة في بناء العمل مستغلا شفافية المادة مما تعطى التداخل والأمتزاج اللونى بين عناصر العمل مما يعطي نوعا خاصا من القيم اللونية عند تقابل طبقات مختلفة من اللون، وهنا رغم ضخامة العمل واتساع قاعدة ارتكاز الأعمال إلا أنها تظهر بصورة خفيفة، وتعتمد رؤية الشكل على الحدود الخارجية واللون، وتم الاعتماد في التشكيل على عمليات القطع واللصق باللواصق المجهزة خصيصا لهذا الغرض(٢٩).

نموذج لعمل ملون بالسوائل المتحركة

(شكل ٤٨) خط الضوء Light Line

للفنان ميشيل مكنينون Micheal Mchninon

استخدم الفنان البريطانى ميشيل مكنينون بوليمر الأكريليك بصورة أخرى تمكنه من الوصول إلى قيم وأبعاد فنية جديدة تميز اعماله عن الأعمال الأخرى المنفذة بهذه المواد. فالنحات لجأ إلى تحقيق عمل نحتي مستخدما حركة السوائل حيث يقوم بتشكيل بلاستيك الأكريليك وحقنه بسوائل ملونة في الفراغ الداخلي للعمل الشفاف، وتعريض العمل في النهاية لنوع من الحركة.

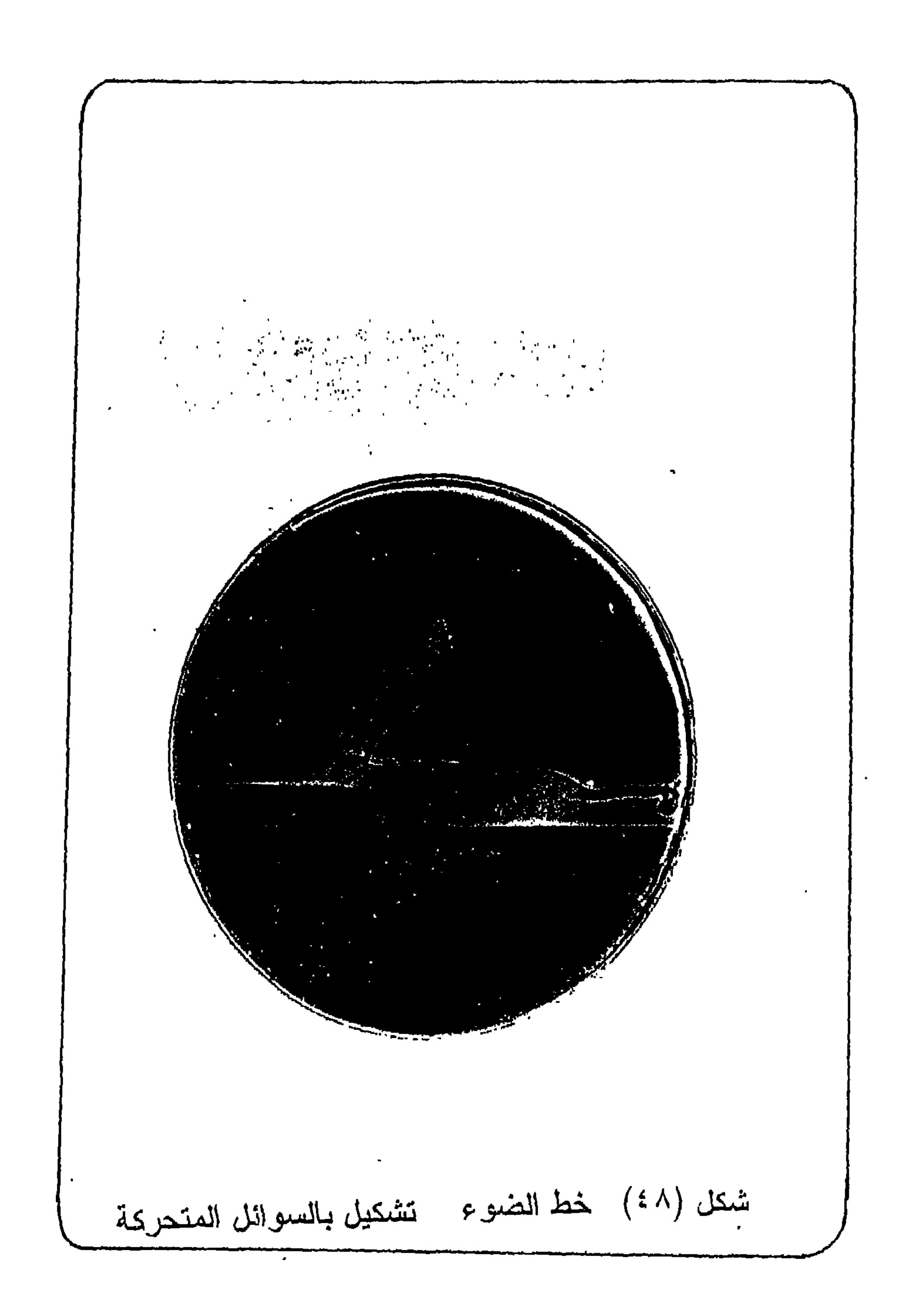
ولقد صممت هذه النوعية من التشكيل النحتي ليتم تركيبها على الحائط لتتحرك في اتجاه مضاد لإتجاه عقارب الساعة، والنتيجة أن الشعور الحركي للمادة السائلة الملونة يتغير بالكامل وبشكل جذرى في العمل.

وتتميزمنحوتات هذا الفنان بلمعانها، وخفة الوزن، وتخلق حركة السوائل داخل الجسم الشفاف نوعا من الشفافية المتغيرة ذات الحس والأثر الجمالي.

ويتكون النحت الحركى للسوائل الذي يستخدمه هذا النحات في أعماله من أربعة مكونات اساسية :



شكل (٤٧) نخيل فى بيئة - تشكيل بالأكريليك الملون الشفاف - للفنان جينو ماروتا.



شكل (٤٨) خط الضوء تشكيل بالسوائل المتحركة

١- إعداد شكلين خارجين في تشكيل خاص، أحدهما أمامي والآخر خلفي.

٢- إعداد شكل دائري غير منتظم الشكل يوضع داخل الشكل الأول ولاصق به، لتكوين ما يشبه الخلية أو الحويصلة.

٣-زيوت وماء وأصباغ مناسبة

٤-موتور سرعته ١٠/١ مثبت في الشكل الصدفي من الخلف.

والأصباغ التي تستخدم في هذه النوعية من التشكيل هى الزيوت والماء المقطر، لأن استخدام المياه من الصنبور مباشرة قد تحتوى على كيماويات يمكنها أن تحدث تفاعلا كيميائيا بين الأصباغ والماء، كما يلجأ الفنان إلى إضافة كمية صغيرة من الجلسرين إلى الماء لتمنع تكوين الفقاقيع الهوائية الناتجة عن هذا التفاعل، مع مراعاة أن الأصباغ المستخدمة يجب أن تكون نقية وغير محتوية على مواد مالئة لأن وجودها يعمل على ابطاء حركة هذه السوائل، وتجعل لونها قاتم وغير شفاف، ويجب أن تكون درجة اللون ثابتة ولا تتغير بمرور الزمن.[١٥]

الفصل الرابع

الشفــــافية

مفهوم الشفافية

تعتبر الشفافية من الحالات الطبيعية للسوائل، وهى نادرة في المواد الصلبة[٣٢] حيث أن معظم المواد البلاستيكية في حالاتها النقية تكون بيضاء أو شفافة. وعلى ذلك فمن الممكن أن نحصل على أى لون منها بإضافة صبغات ملونة، وأن ننظم قتامتها بإضافة الخضاب. إلا أننا نجد أن بعض المواد البلاستيكية لها دائما درجة من اللون الذاتى. وحين يكون هذا هو الحال، فإنه يفرض عل هذه المواد حدود تلوينيه خاصة، ومع ذلك فإن صفة عدم وجود اللون والقرب من الطبيعة الشفافة هى من الأسباب الهامة في تعدد مزايا البلاستيك واستعمالاته[٣].

ونجد أن لون الأشياء غير الشفافة يعتمد على لون الضوء الساقط عليها، أما لون الأشياء الشفافة فيعتمد على لون الضوء النافذ منها[٢٧]. وتزداد كمية الضوء المار خلال الجسم الشفاف بازدياد وتجانس بنية الجسم، كما يزداد الضوء الأبيض المنعكس من السطح كلما زادت نعومة هذا السطح ودرجة صقله[٣١].

انتقال الضوء داخل المواد الشفافة

إذا قابل شعاع ضوئي جسما شفافا، فإن جزءا من الضوء، ينعكس على السطح، كما يمتص هذا الجسم الشفاف جزءا آخر من الضوء الساقط، وأما الجزء الثالث منه فإنه يخترق الجسم الشفاف ويمر منه. ويساوى معامل انتقال الضوء داخل الجسم الشفاف

$$\frac{\text{الفيض الضوئي الذي مر عبر الجسم}}{\text{الفيض الضوئي الذي استقبله هذا الجسم}}$$

ويكون انتقال الضوء داخل الأجسام الشفافة والنصف شفافة إما منتظما أو مشتتا.

أ- الانتقال المنتظم للضوء داخل الأجسام الشفافة

هو ما يحدث للضوء المار خلال الجسم الشفاف أو الماء وفيه تحتفظ الأشعة الضوئية بتوازيها، ولا يحدث للضوء أى تحور بمروره خلال الجسم الشفاف، وأن كل ما يحدث هو انكسار لأشعة الضوء عند السطح كما هو مبين (بشكل ٤٩).

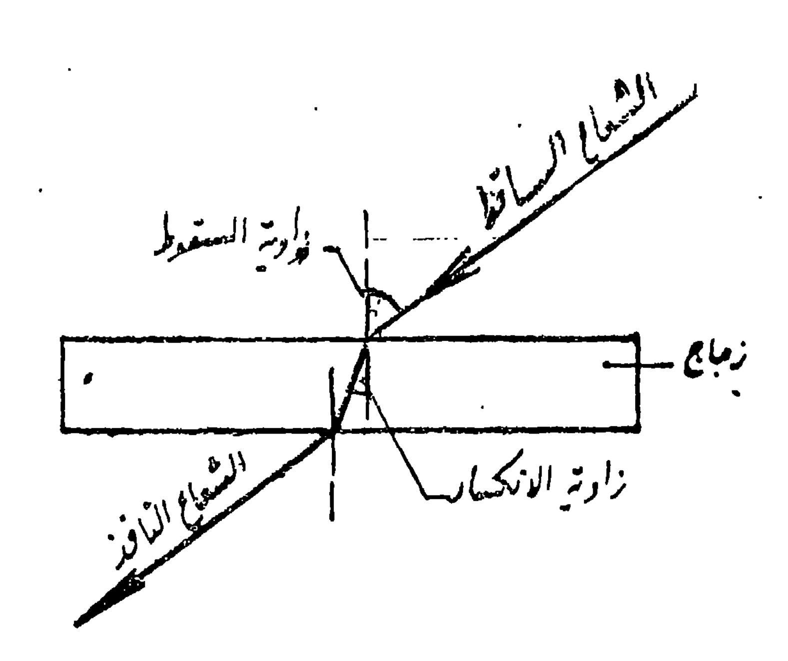
ب- الانتقال المشتت للضوء داخل الأجسام النصف الشفافة

يتغير اتجاه الضوء خلال انتقاله داخل الجسم النصف شفاف، فيوزع في كل الاتجاهات ويعطى إحساسا موحدا لضياء السطح ويقال عن هذا الجسم النصف شفاف أنه كامل التشتيت للضوء، ويكون منحنى توزيع الضوء في هذه الحالة كما هو مبين فى (شكل ٥٠).

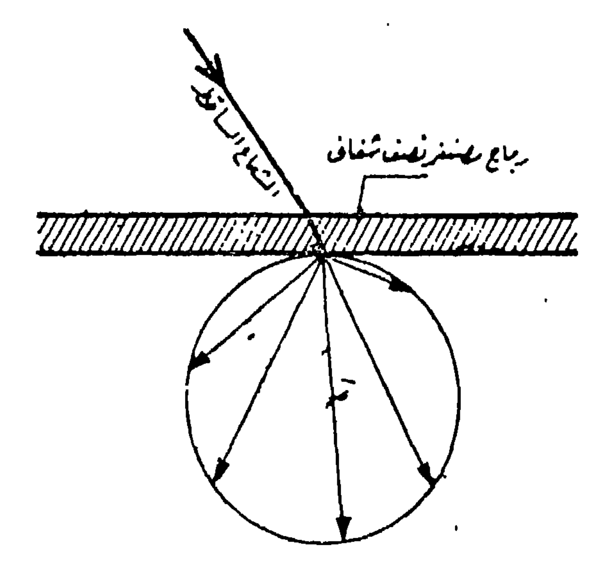
يعتمد الفنانون عند استخدام الخامات النافذة للضوء على استغلال خاصية الامتصاص والنفاذ للأشعة الضوئية الساقطة على الشكل والاعتماد على معاملات الانكسار الضوئي للأشكال الشفافة عند حواف السطوح، فيحدث إيحاء بصري بتحول الشكل الفراغي من حالة مجسمة إلى خطية تحدد الحيز الفراغي وتشكله بمجموعة من الخطوط الضوئية الناشئة عن انكسار الضوء على الحواف وانحرافه، بينما ينفذ كم ضوئي كبير من الخامات الشفافة.

أما فى حالة الخامات شبه الشفافة فإن كم الضوء النافذ يرتبط عكسيا مع درجة امتصاص السطح للضوء، وطرديا مع درجة نفاذيه الخامة. كما يستخدم الفنان عمليات الجلفنة للسطوح المعدنية لإلغاء أو تغيير الصور المعكوسة، فإن الفنان يلجأ إلى الخامات شبه النافذة، أو شبه المعتمة لإيجاد بعدا تعبيريا للشكل يحقق من خلاله الحالة الجمالية نتيجة استغلاله معاملات الامتصاص والنفاذ الضوئي لتلك الخامات[٢٩].

ان إدخال البلاستيك كمادة أوله فى الأعمال الفنية كان لانها مادة توفر خاصية الانعكاس والشفافية والمرونة فى التشكيل، وأيضا إلى تفاعلها مع الضوء، كما أن مادة البلاستيك ساهمت فى مطلب بعض فنانى العصر الحديث فى إلغاء مادية الأجسام الصلبة، وعلى رأسها الفنان ناعوم جابو[٢٨].



شكل (٤٩): الانتقال المنتظم للضوء داخل الأجسام الشفافة

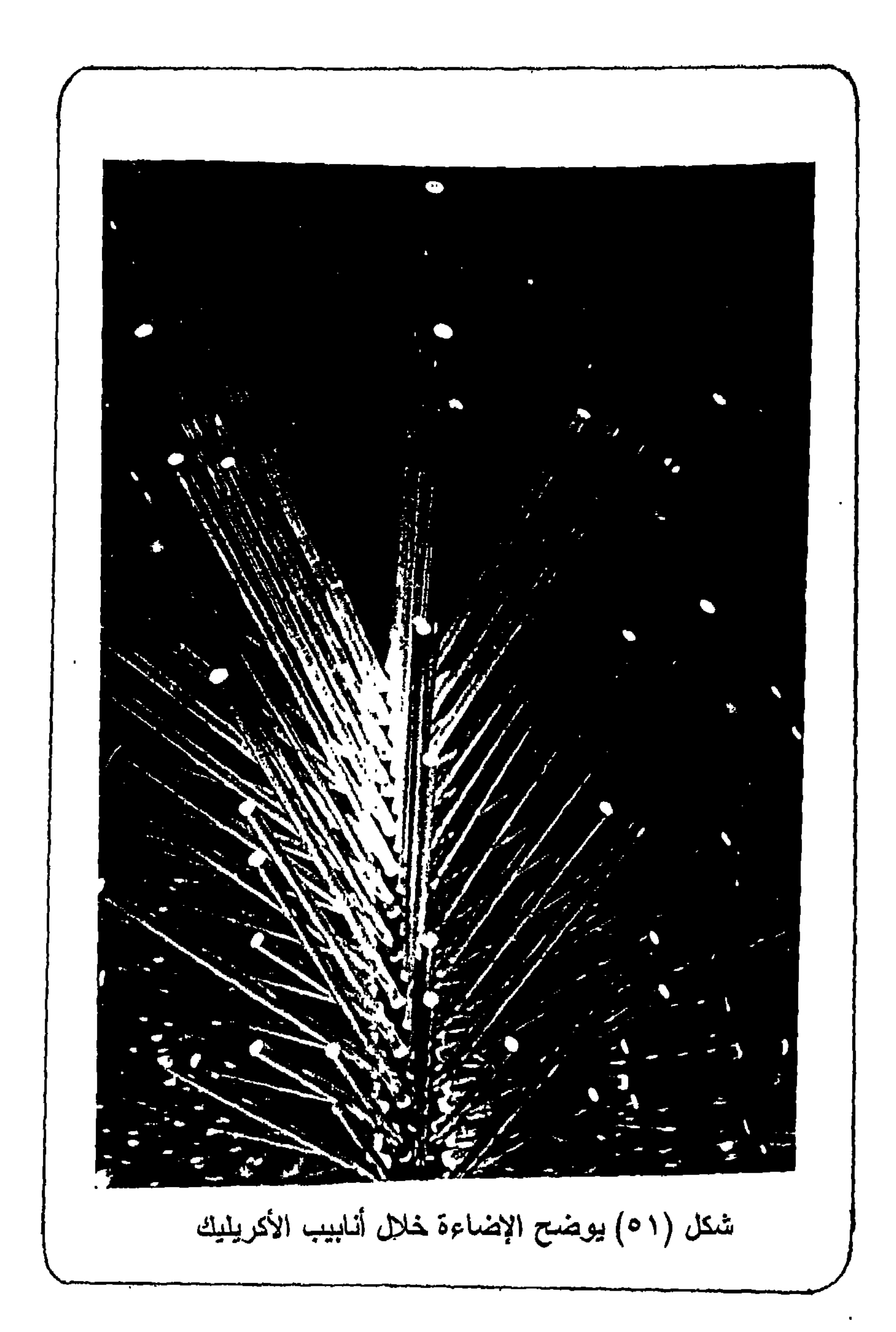


شكل (٥٠): الإنتقال المستطير للضوء داخل الأجسام النصف شفافة

فلقد هيأت مواد البلاستيك والزجاج الفرصة للفنانين لتحويل الأسطح الصلبة الموجودة في أعمالهم الفنية إلى أسطح يمكن وصفها بأنها لا مادية. وكان جابو يؤمن بالتأثير النفسي للمواد المختلفة، وكان اهتمامه في أعماله الفنية النحتية يتركز على شيئ مخالف تمام للحقائق الحسيه الملموسة فى الفترة الزمنية السابقة عليه، ولذلك فإننا نجد أن أعماله تلك كانت تميل إلى هدم وإلغاء حقيقتها الحسية الملموسة، كما ان تلك الأعمال الفنية ومن خلال استخدام عنصري الضوء والفراغ تحطم حدودها القياسية.

فى أثناء الستينيات بدا عدد من الفنانين فى جنوب كاليفورنيا استخدام مواد الفيبر جلاس والأكريليك ولدائن البولى استر، ولم تكن هذه الحركة رسمية وسرعان ما لقبت بحركة لوس أنجلوس للزجاج والبلاستيك " L.A. Glass and plastic" يرجع انتشارها إلى شفافية الزجاج والبلاستيك و قدرتهما على الإشعار بأنة ليس هناك مادة تماثل هاتين المادتين المثاليتين في نقل الأفكار الخاصة بالضوء والفراغ واللون بأسلوب محكم ودقيق. ومن الفنانين الذين تعاملوا مع أوساط الزجاج والبلاستيك " تشوارنولدى" و " رون كوبر " وزرون دافيز "، و " ناعوم جابو " و " موهولى ناجى ". وكل واحد من هؤلاء الفنانين استكشف الشفافية واللاشفافية أو النصف شفافية لمادة البلاستيك، واستكشف أيضا قدره البلاستيك على حمل ألوان براقة(٣٠) وكان النحت الشفاف يسمى بأسماء عديدة مثل " مشكّلات الضوء " وتكوينات ضوئية " و " النحت المنشورى" (النحت الذي يعتمد على ألوان الطيف)(٢٩) وسيجد الفنان أو النحات المعاصر فى إنتاج النحت الشفاف إمكانات بديعة بواسطة خامة الأكريليك باعتبارها أحد أهم مواد البلاستيك الحراري وأكثرها جاذبية، فهى كما سبق وأن ذكرنا تتمتع بخاصية الشفافية العالية فتسمح بنقل نحو ٩٢ % من الضوء، وبخلاف الزجاج فإن الأكريليك من الخامات القليلة التي تسمح بمرور الضوء عبر الشكل (شكل ٥١).

وهى تساهم في إضفاء أبعادا تشكيلية مختلفة على العمل النحتي، فتعطى إيحاء حسيا بخفة الأشكال رغم كبر حجمها، ويظهر العمل وكأنة مادة هلامية معلقة فى الهواء. وتسمح شفافية الأكريليك برؤية الأجزاء المكونة للعمل سواء من الداخل أو الخارج من أى زاوية وتبدو الحواف الخارجية لأجزاء العمل مشعة للضوء. كما تزداد الشفافية وضوحا كلما زاد كمية الضوء الساقط على العمل، فتحدث الشفافية تأثيرا مباشرا فى تراكب الألوان وامتزاجها فى الأعمال النحتية المنفذة بشرائح الأكريليك الشفافة الملونة، إلى جانب ما تحدثه الشفافية من عنصر ربط بين أجزاء العمل النحتي والبيئة المحيطة به سواء خلفية العمل أو قاعدته.



شكل (٥١) يوضح الإضاءة خلال أنابيب الأكريليك

ومن الأعمال النحتية التى نفذت بخامة الأكريليك ولعبت الشفافية فيــها دورا بــارزا، عمل الفنان كينسيث سلوك (Keneth Slote) (شكل ٥٢)، والعمل عبارة عن مكعـــب مــن الأكريليك الشفاف مثبت بداخله نصفي جذع آدمي. ولقد نفذ العمل بطريقة التشكيل الحــراري وتفريغ الهواء، حيث اختلفت درجة الشفافية في أجزاء العمل باختلاف وضع المشاهد بالنسبة له، وذلك حسب اختلاف وتقابل شرائح الأكريليك المنفذ فيها العمل مع اختلاف زاوية الرؤيـة. والمكعب الشفاف المحتوي على النموذج بداخلة يعد اكثر شفافية عن نصفى اللوح المشـــكل، لأنه يتكون من طبقة واحدة مسطحة، أما الأجزاء المشكلة بـــالداخل فإنــها تتســم بالحركـــة والمرونة تبعا لتشكيل اللوح.

ويبين الفنان تاكايسو فى عمله المسمى " دائرة فى الفراغ "(*) الشفافية العالية لخامـــة الأكريليك حيث أمكن رؤية العمل بوضوح من زاوياه من خلال خمسين شريحة متراصة مــن الأكريليك الشفاف بشكل لا يمكن أن تتيحه أى خامة حتى عصرنا الحالي[٣١].

(*) شكل (٥٣) أ، ب الباب الرابع



شكل (٥٢) تشكيل بتفريغ الهواء - للفنان كينيث سلوت

الباب الرابع
تطبيقات عملية

الفصل الأول : نماذج لبعض أعمال فنانين معاصرين منفذة بخامة الأكريليك

الفصل الثاني : تجارب عملية للباحث

الفصل الأول

نماذج لبعض أعمال فنانين معاصرين منفذة بخامة الأكريليك

يتعرض الباحث في هذا الفصل لبعض الأعمال المنفذة بخامة الأكريليك لفنانين معاصرين من الناحية التقنية والتشكيلية لكل عمل بدءا بالتعامل مع الشرائح أو الكتل خلال الخامة ووصولاً إلي الشكل النهائي للعمل.

ويتضح لنا من خلال هذا العرض الأساليب والأدوات والمعدات التي قام باستخدامها الفنان للوصول إلي ما يأمله في عمله المنفذ خلال خامة الأكريليك الشفاف مرفقا بالصور التي يتضح منها فكرة تنفيذ العمل والشكل النهائى.

العمل الأول

شكل ٥٣ (أ ـ ب)

الفنان :- تاكا ياسو Taka Yasu

الأبعاد :- ٦٢ x ٦٢ x ٦٢سم

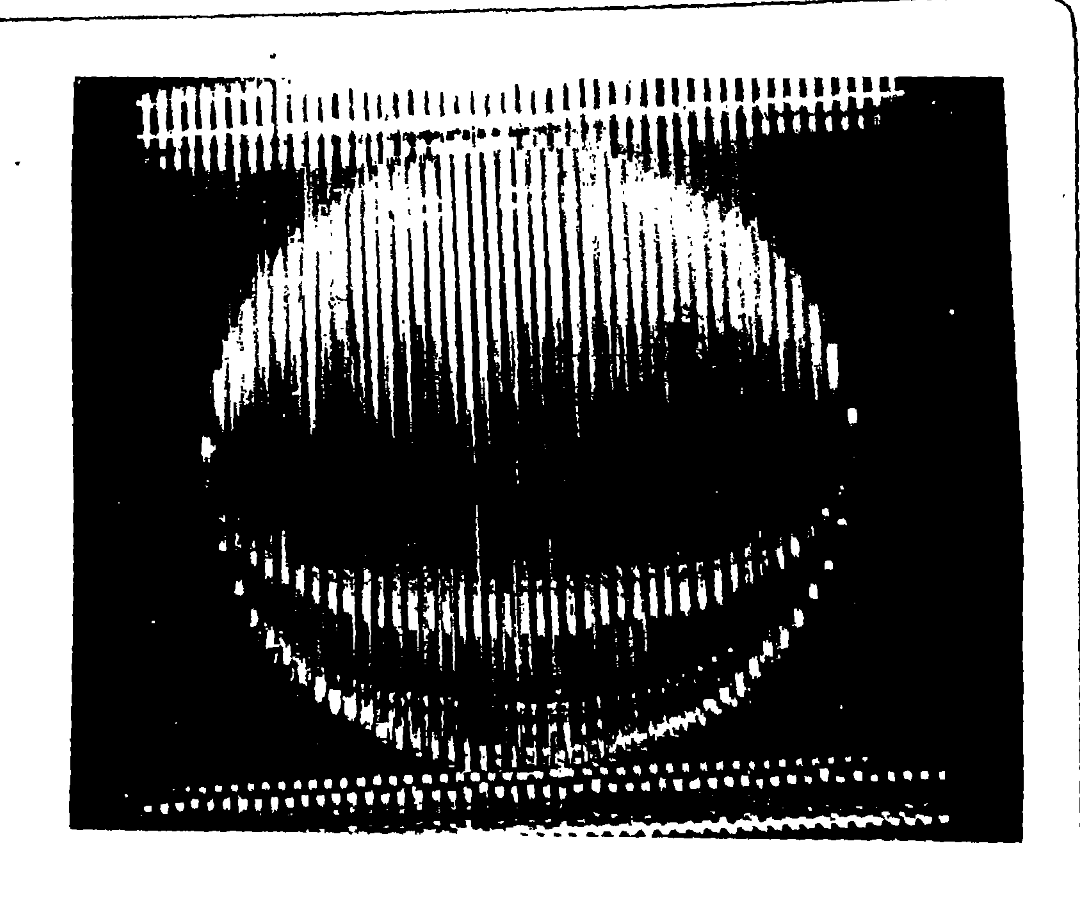
نفذ الفنان العمل من خلال خمسين شريحة من الأكريليك الشفاف متراصة على هيئة مكعب، مكونة شكل دائرة مجسمة داخل فراغ المكعب.

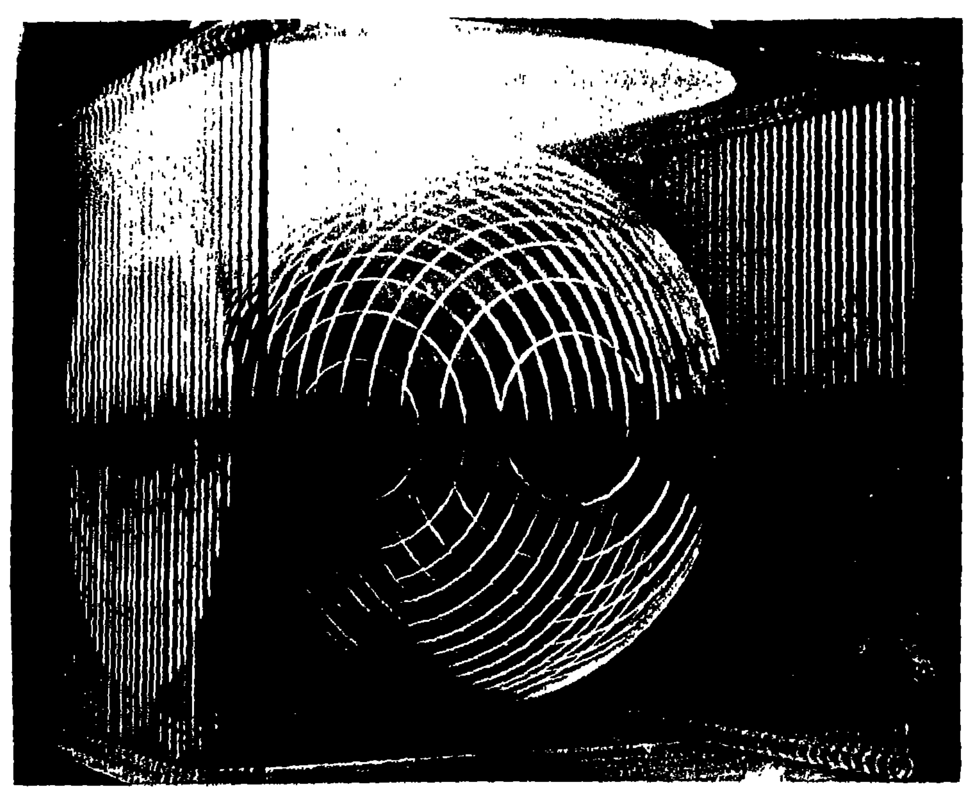
خطوات التشكيل :

١- قام الفنان بقطع شرائح أكريليك على شكل مربع بالأبعاد السابق ذكرها، تبع ذلك تسوية الحواف.

٢- رسمت دوائر متدرجة الأقطار على الغلاف المغطى للوح الأكريليك، ثم فرغت تلك الدوائر بكل شريحة.

٣- ثبتت الشرائح على قاعدة العمل وفقا لترتيب أقطار الدوائر من الأصغر إلى الأكبر، وصولا إلى نصف المكعب وبالعكس في ترتيبه لتدريج تراص الشرائح في النصف الأخر للمكعب مع ترك الفراغ الملائم بين كل شريحة وأخرى بما يتوافق مع رؤية الفنان.





شكل (٥٣) – دائرة فى الفراغ–الفنان تاكايسو

العمل الثانى

شكل (٥٤)

الفنان : فرانسيسكو سوبر ينو Francisco Sobrino

اسم العمل : تحول أو تغير غير مستقر.

ابعاد العمل : ٨٠سم طول ×٨٠ سم عرض ×٢٧ سم عمق

اعتمد العمل أساسا على نظام هندسي بسيط، فقد قام الفنان بتقسيم هيكل العمل إلى ستة وثلاثون وحدة مربعة بحيث أصبح في كل ضلع ٦ مربعات

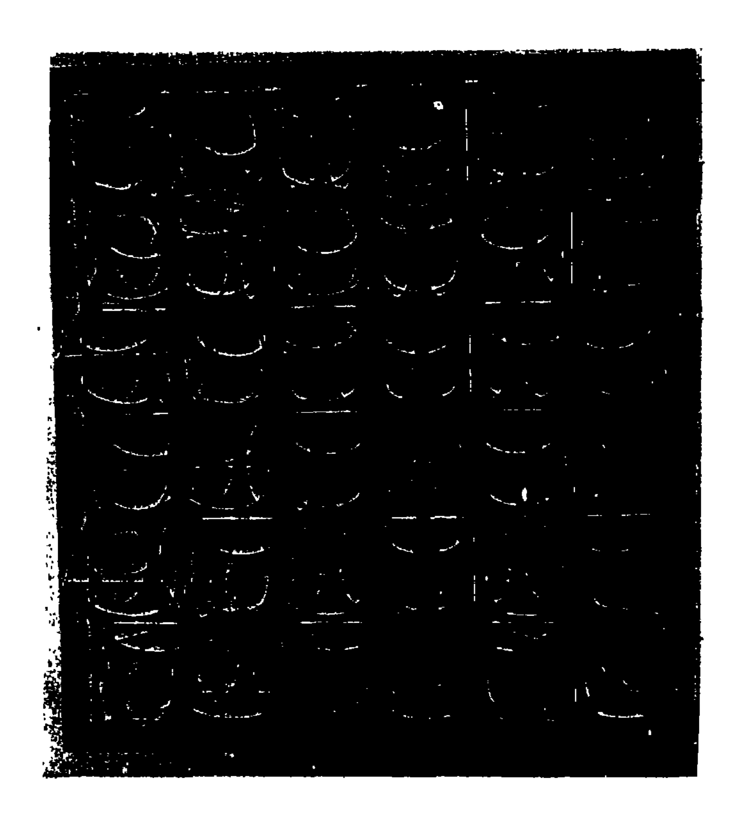
خطوات التشكيل

١- قام الفنان بقطع الشرائح الشفافة ثم قام بحز خط غائر ليصل غالبا إلى نصف سمك الشريحة وذلك لاتمام عملية الثنى عند موضع الحز.

٢- قام الفنان بتفريغ دائرتين على جانبى الشريحة.

٣- قام الفنان بعمل تسخين موضعي عند موقع الحز تلى ذلك عملية ثنى الشريحة بحسب الشكل المطلوب.

٤- قام الفنان بتجميع الشرائح ولصقها وفقا مع ما يتراءى من أوضاع جمالية.



شكل (٥٤) تحول أو تغير غير مستقر – للفنان سوبرينو

العمل الثالث

شكل رقم (٥٥)

الفنان :- نيوكلاس روكس Niokles Roukes

اسم العمل :- " Neos "

أبعاد العمل :- ٢٢,٥سم × ٦٠,٥سم

في هذا العمل قام الفنان بقطع وتشكيل لوح أكريليك مسطح مع مجموعة صغيرة من قضبان الأكريليك وذلك لتشكيل قطعة نحت ذات ثلاثة ابعاد أطلق عليها اسم " Neos ". ويقول روكس " عند قيامى بعمل "Neos " أن هدفي الأساسى هو عمل نحت يكون قادرا على تلقي ونقل الإضاءة البيئية أو المصممة.

ويوضح روكس في هذا العمل إمكانية الخامة من حيث القطع والثنى وإبراز أهمية الشفافية في التكوين، وعلاقة كل من الشفافية والضوء مع الفراغ حيث يتناسبان تناسبا طرديا معا.

طريقة التشكيل

١- رسم التصميم المطلوب تنفيذه بنفس نسبة العمل فى الطبيعة شكل (٥٥- أ)

٢- قص الفنان النموذج الورقي ثم قام بتثبيته على لوح من الأكريليك بسمك ٠,٤٨ سم باستخدام لاصق من المطاط، وذلك بعد نزع الغطاء الورقي الحافظ من على سطح الأكريليك شكل (٥٥-ب).

٣- قام الفنان باستخدام منشار كهربائى: متردد مما يسهل قطع الخامة بسهولة بعد أن استخدم الصابون لتسهيل حركة السلاح المعدني المثبت في المنشار، ثم قام الفنان بتسوية حواف الأكريليك بعد قطعها باستخدام قطع من أوراق الكربوراندم شكل (٥٥-ج).

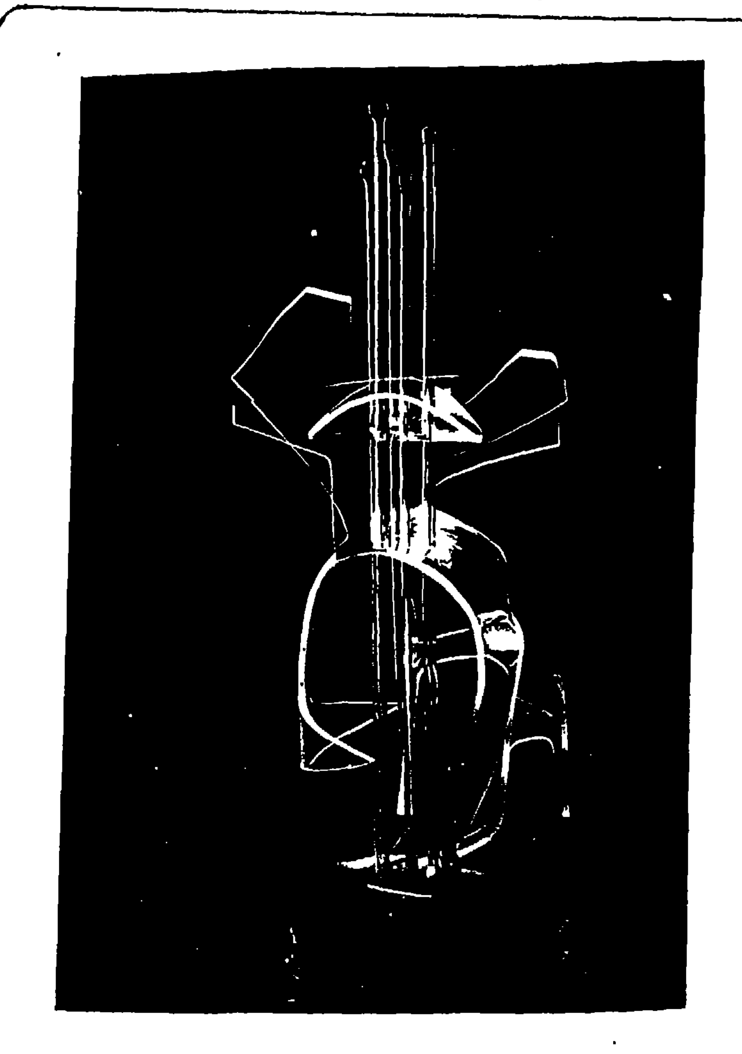
٤-بعد ذلك تم نزع النموذج الواقي، ثم جهز الشريحة للتسخين باستخدام فرن كهربائى مثبت عند درجة ١٤٩°م شكل (٥٥-د).

٥-قام الفنان باستخدام قفاز ليمكنه من نزع البلاستيك من الفرن ثم تشكيله إلى الشكل المطلوب. وبعد تكوين الشكل قام مساعد الفنان بتبريد وتجميد البلاستيك بإمرار قطعة من الأسفنج المبلل على سطوح البلاستيك بينما ظل الفنان ممسكا بالشكل حتى لايتحرك قبل أن يجمد شكل (٥٥-هـ).

٦-جهز الفنان بعض العصى المستقيمة من الأكريليك سخنت أطرافها على مصباح كهربائي، ثم ضغطت أطرافها حتى صارت الحواف مبططة على شكل شبة دائري وذلك باستخدام ماسك مدبب، وهذه العصى سوف توصل بباقى شكل الأجزاء(٥٥-و) ثم ثبتت على القاعدة الخشبية الخاصة بالعمل.

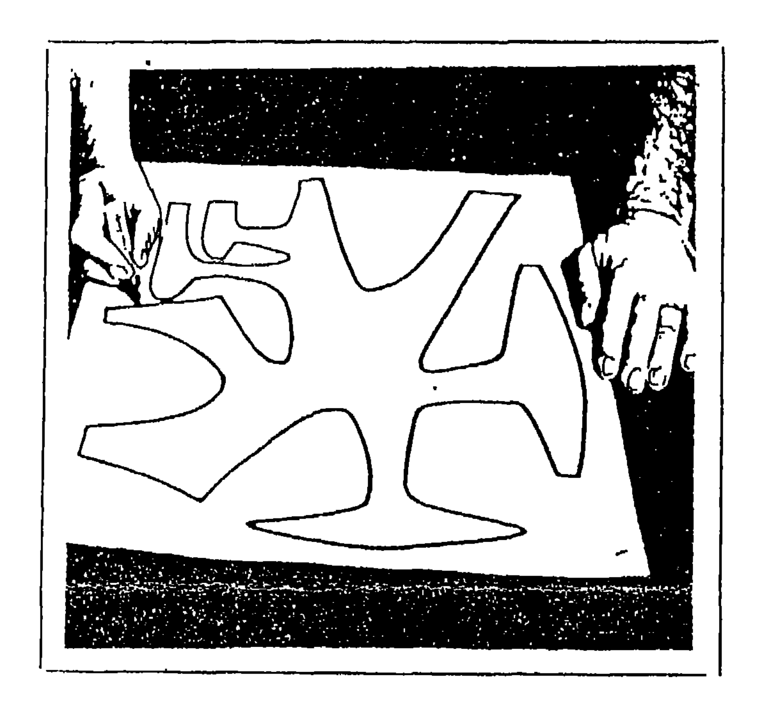
٧-في هذه الخطوة تثقب الفتحات في البلاستيك لتثبيت العصى الأكريليكية، واستخدام لذلك ثاقب كهربائي ذو سرعات عالية، ثبتت به (قاطع معدنى) من المعدن، وكان قطر الفتحات ٠,١٦ سم شكل (٥٥-ز).

٨-قام الفنان بتركيب أجزاء العمل باستخدام ثنائى كلوريد الأثيلين، ثم غطى العمل بعد ذلك بطبقة من الشمع ضد الكهرباء الأستاتيكية، تلي ذلك عملية التلميع لإزالة الأتربة وتثبت الشكل على القاعدة شكل (٥٥-ح)[١٥].

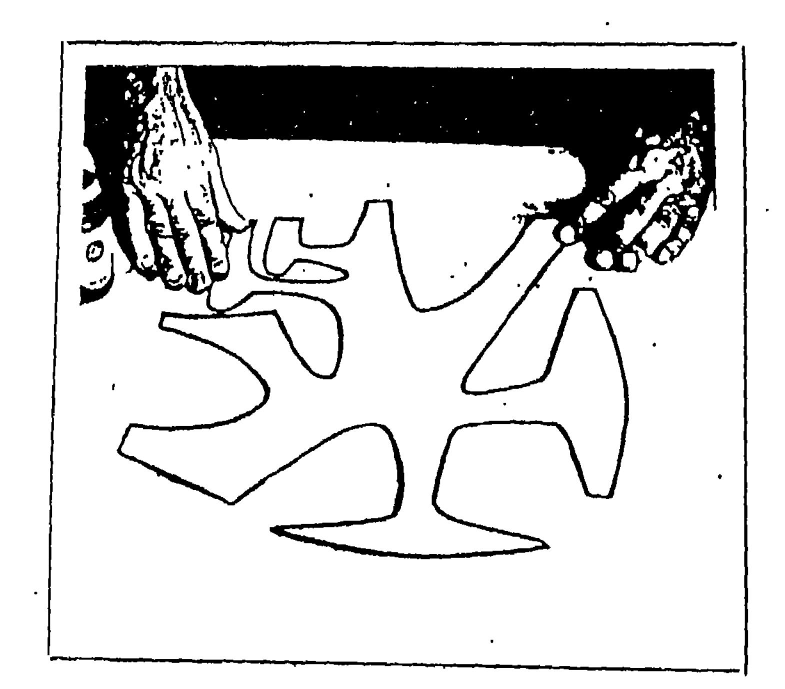


شكل (٥٥) NEOS - تشكيل حرارى لألواح الأكريليك

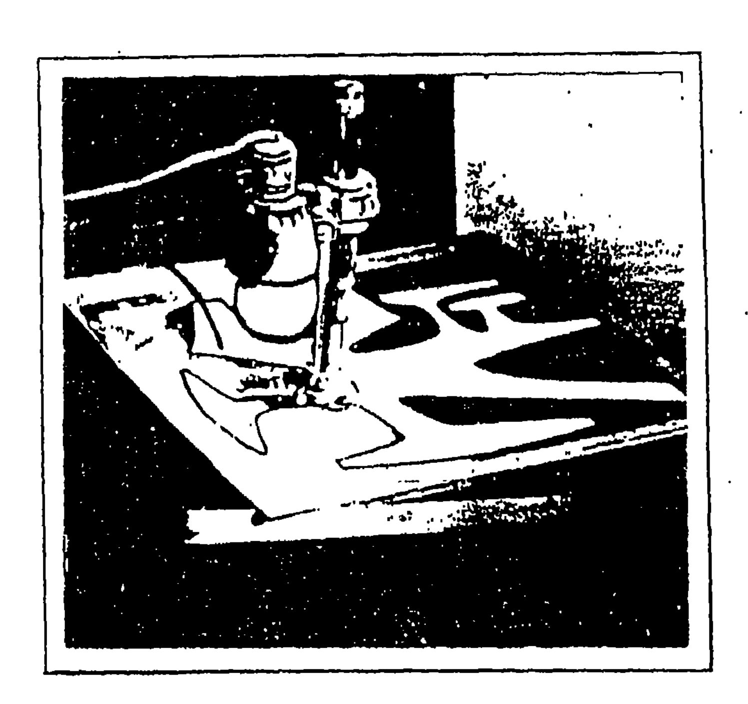
للفنان نيوكلاس روكس



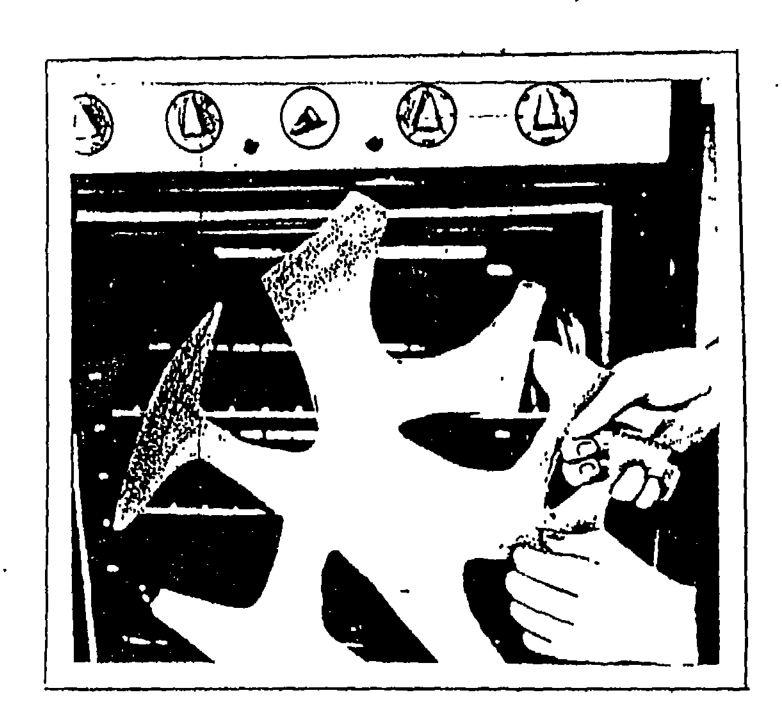
شكل (٥٥-أ) التصميم النهائى للعمل بعد تكبيره



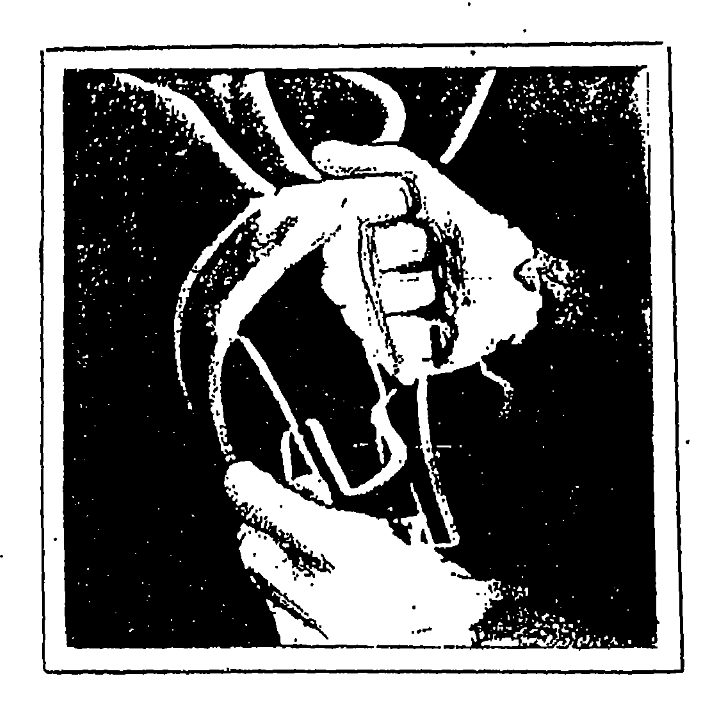
شكل (٥٥-ب) لصق النموذج على لوح الأكريليك



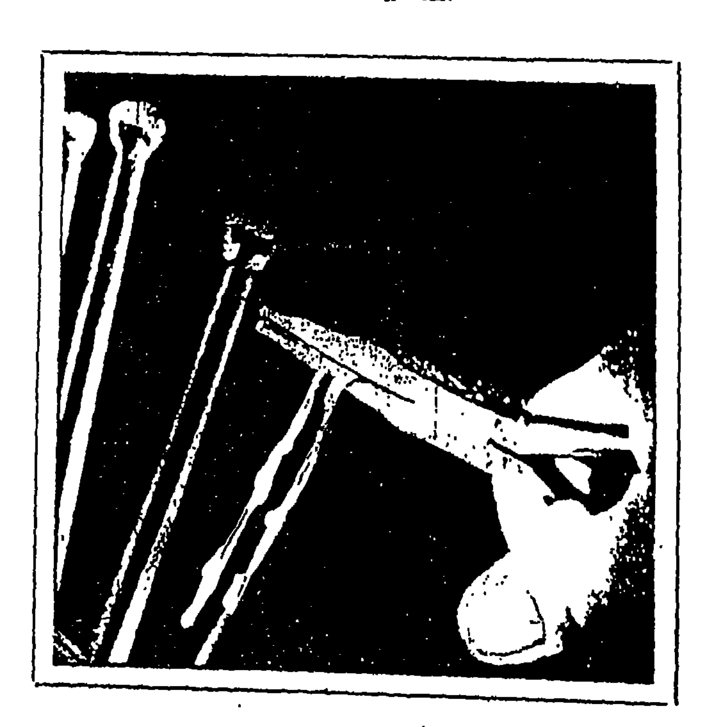
شكل (٥٥-ج) نشر حواف التصميم



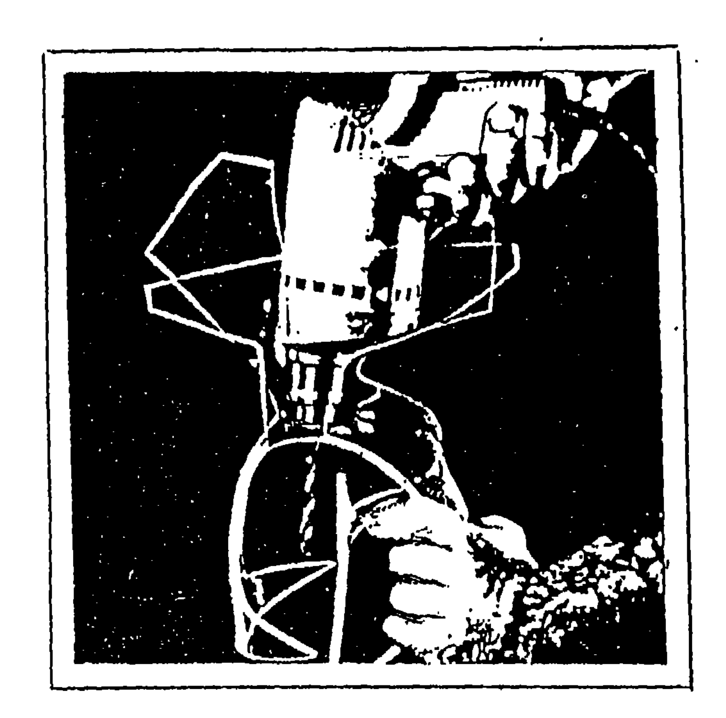
شكل (٥٥-د) التسخين فى فرن كهربى



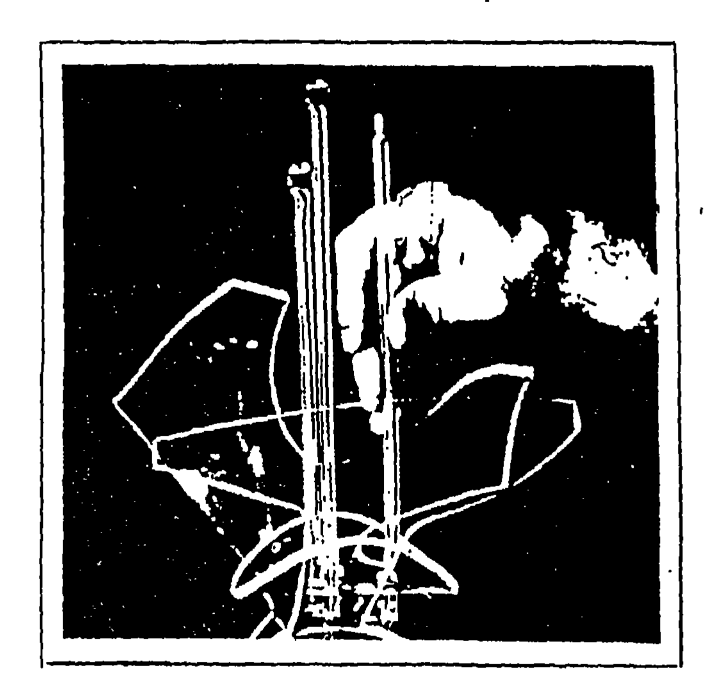
شكل (٥٥-هـ) التشكيل بالشكل المطلوب



شكل (٥٥-و) ضغط أطراف العصى



شكل (٥٥-ز) عملية الثقب



شكل (٥٥-ح) تركيب العمل

العمل الرابع

شكل (٥٦)

اسم العمل :- الحرم الخاص بالضوء Light Sanctuary

الفنان :- Jacgues Schier

المقاس :- ارتفاع ٥٣,٣ سم

شرح العمل:

عبارة عن ألواح سميكة من بلاستيك الأكريليك مجمعة معا بواسطة لاصق Ps-30، ونسبة الراتنج المحفز هى واحد جزء محفز فوق أكسيد البنزويل Benzoyl Peroxide Catalyst إلى تسعة عشر جزء Ps – 30 وقد استخدم الفنان أزميل نحت الرخام في التعامل مع الكتلة الضخمة من الأكريليك الشفاف. ثم بدأ بعد ذلك في تهذيب سطح العمل بواسطة منقاب يدور حول محوره من الفحم Carbide مع استخدام ورق كشط حبيبي من أرقام ٣٥ إلى ٦٠٠، ثم تم صقل السطح حتى أصبح أملسا وخاليا من الخدوش وذلك لإضفاء لمعة نهائية.



شكل (٥٦) الحرم الخاص للضوء للفنان جاكوشير

الفصل الثاني
تجارب عملية للباحث

ما يقدمه الباحث من تجارب نحتية لا يهدف فيها إلي عـــرض أســلوب ذاتـــي فـــي التشكيل، بقدر ما يعرض نماذج ذات أبعاد تكنيكية متنوعة يحاول بها إجراء بعض التجـارب، لتوضيح العديد من إمكانيات هذه الخامة للوقوف بنفسه على هذه الخامة عمليا.

- إمكانية التشكيل بطريقة تفريغ الهواء
- التشكيل الحراري لألواح الأكريليك
- صب بوليمر الأكريليك
- التشكيل بالضوء الملون
- تجارب متنوعة في النحت البارز
- عمليات اللصق والتجميع
- أساليب الإنهاء والتشطيب..

التجربة الأولى

شكل (٥٧)

اسم العمل : الحصان

الارتفاع : ١٦٠ سم

العرض : ١٢٠ سم

طريقة التشكيل : التشكيل الحراري بتفريغ الهواء.

مراحل العمل : هذه التجربة محاولة للباحث للاستفادة من إمكانية تطويع خامة الأكريليك لتشكيل عمل نحتي شفاف باستخدام جهاز تفريغ الهواء.*

١- تم البدء في العمل بعده مراحل بدأت المرحلة الأولى بإعداد نموذج منفذ في خامة الجبس لرأس حصان بالحجم الطبيعي شكل ٥٧ (١-٢) حيث قسم الشكل إلى نصفين متطابقين بقطاع طولي مستوي باستخدام ميزان الخيط (شكل ٥٧-٣) وتم تقسيم كل نصف منهما إلى ثلاثة أجزاء مستعرضة باستخدام منشار يدوي حيث يكون كل جزء في حدود أبعاد الإطار المعدني لجهاز تفريغ الهواء (شكل ٥٧-٤).**

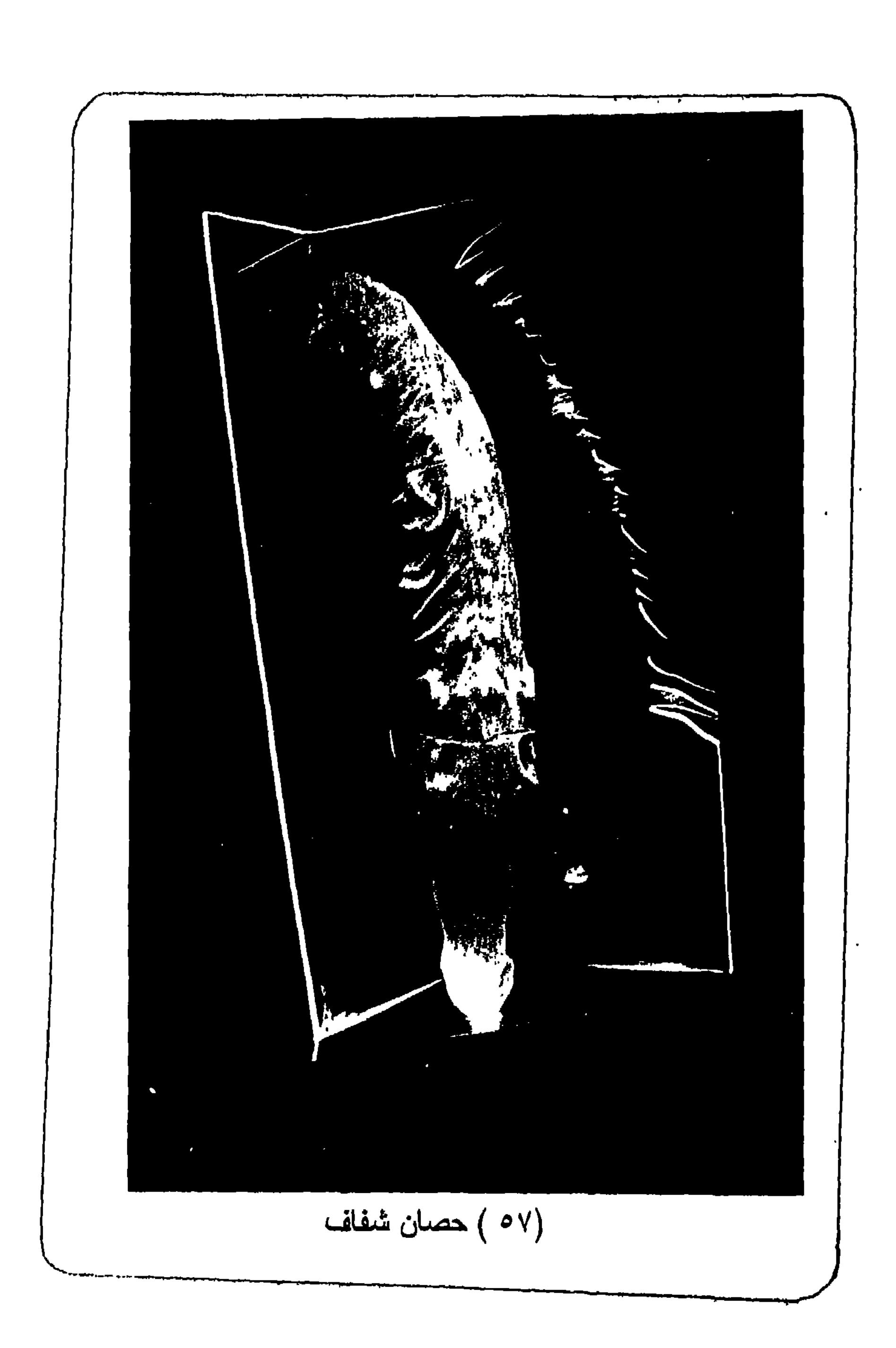
ونتيجة لعدم انتظام الحواف أثناء عملية النشر، تمت معالجة هذه الحواف على سطح منضده.مستوية معزولة بالشمع باستخدام الجبس، حيث روعي في هذه المرحلة ضبط حواف القطع لضمان تطابق الأجزاء عند عملية التجميع، حيث يتسبب عدم انتظام الحواف في انكماش لوح الأكريليك عند الحواف أثناء عملية تفريغ الهواء (شكل ٥٧-٥).

٢- تم البدء في عملية الثقب باستخدام المثقاب الكهربي ببنطه سمك ٢ مم في الأماكن ذات العمق والأجزاء الغائرة في منطقة الأنف والفم والحزوز العميقة في منطقة الشعر، وذلك لضمان تطبيع لوح الأكريليك في هذه التفاصيل على العمل النحتي (شكل ٥٧-٦).

---

* سبق شرح الجهاز في الباب الثاني

** الأجهزة المتوفرة في الورش لايتعدى ابعادها ٦٠×٥٠سم



(٥٧) حصان شفاف



شكل (٧٥-٢) منظر أمامى



شكل (٧٥-١) منظر جانبى



شكل (٧٥-٣) تقسيم الحصان طولياً إلى جزئين



شكل (٧٥-٤) تقسيم الحصان عرضياً إلى ثلاثة أجزاء



شكل (٥-٧٥) تهذيب الحواف



شكل (٧٥-٦) ثقب فتحات التهوية

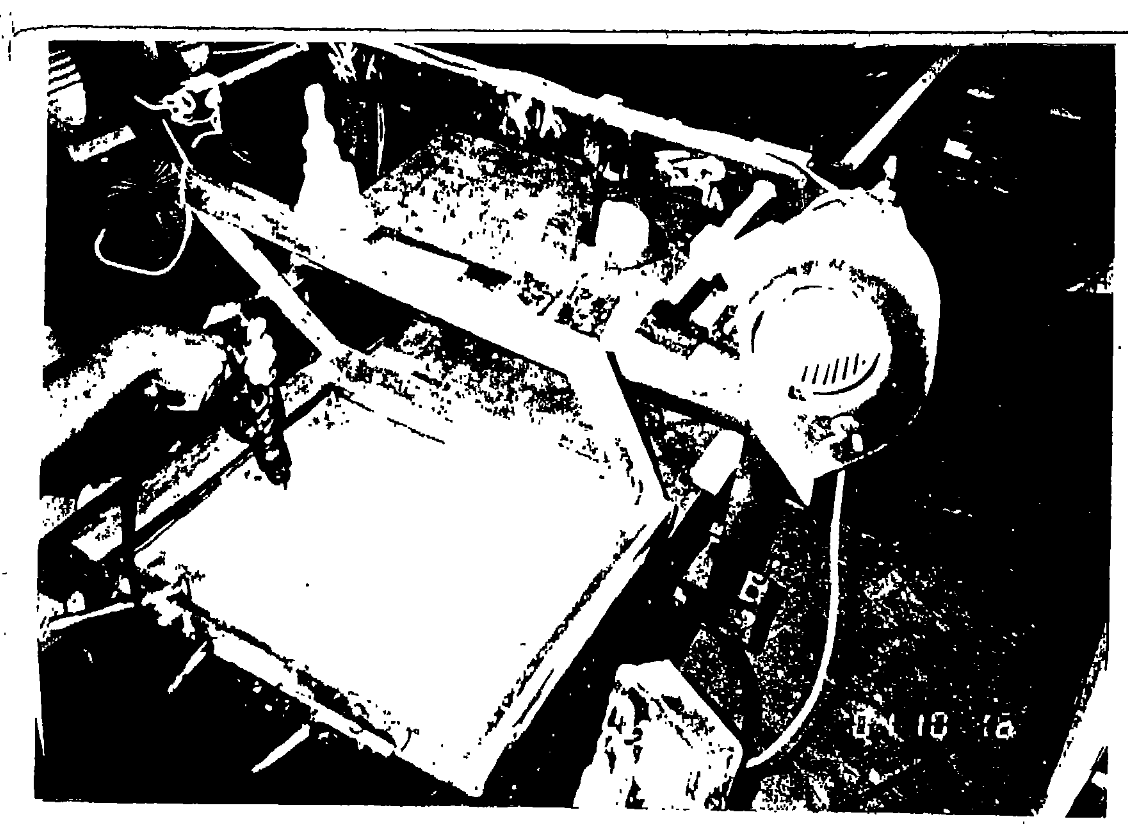
وانتقل العمل في المرحلة الثانية إلى عمل بعض الثقوب في اللوح الخشبي المتحرك الخاص بجهاز تفريغ الهواء (شكل ٥٧-٧)، ووضع النموذج الجبس على اللوح الخشبي في المكان المحدد مع عمل ثقوب محيطة بحدود الشكل (شكل ٥٧-٨).

ومن خلال الفحص والمقارنة باستخدام أكثر من سمك لمجموعة ألواح تتراوح ما بين ٠,٥ .و حتى ٢م. وبعد إجراء بعض التجارب العملية تم الوصول إلى أفضل نتيجة باستخدام لوح سمكه ١مم لضمان إخراج العمل بكامل تفاصيله، حيث إنه كلما زاد سمك اللوح المستخدم كلما تسبب ذلك في عدم دقة ووضوح التفاصيل.

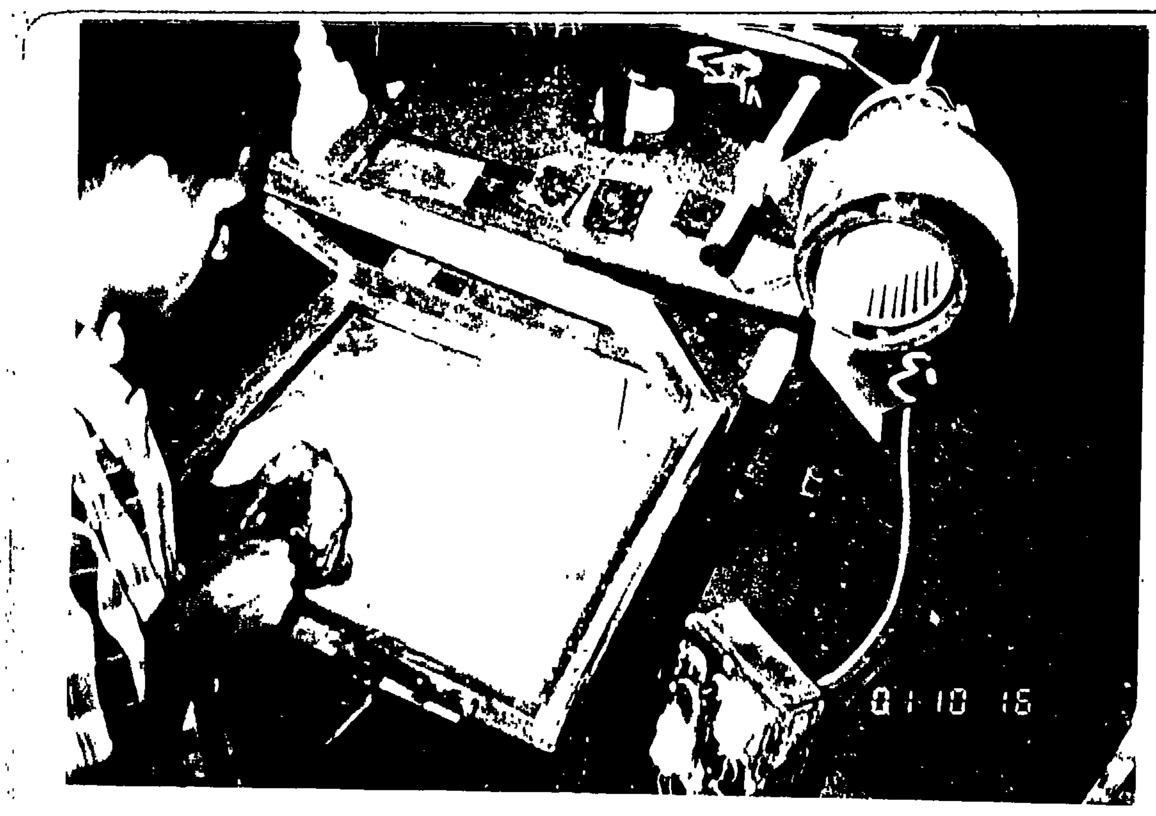
٣- تم تحريك لوح الأكريليك إلى وحده التسخين حتى يصل إلى درجة اللدونة، ثم أعيد مره أخرى فوق النموذج الجبس (شكل ٥٧-٩)، حيث تم تشغيل وحده تفريغ الهواء مع رفع المنضدة الخشبية من أسفل إلى أعلى في اتجاه لوح الأكريليك، حتى تم تطبيع اللوح على النموذج (شكل ٥٧-١٠). وباستخدام قطعة قماش مع الضغط الخفيف على اللوح المشكل لضمان التطبيع الكامل للوح بكل التفاصيل الغائرة (شكل ٥٧-١١). وبعد تمام عملية التبريد، رفع اللوح المشكل عن سطح النموذج (شكل٥٧-١٢).

٤- وبنفس الخطوات السابقة تم التشكيل باقي الأجزاء، وبعد التأكد من سلامتها تم استخدام قطعة قماش من القطن لإزالة أى أتربة أو عوالق ملتصقة، ثم لصقت أجزاء الشكل وذلك بتثبيت القطع ولصقها حتى تمام لصق الشكل بأكمله باستخدام لاصق بلاستيك شفاف بوضع كمية مناسبة منه على حواف القطع مع تنظيف مادة اللصق الزائدة نتيجة ضغط الأجزاء مع بعضها وإزالتها قبل جفافها. وقد روعي تهذيب الأطراف الداخلية قبل عملية اللصق بين القطع، وعند الانتهاء من عملية التجميع تم تهذيب الأجزاء الزائدة الخارجة عن حدود الشكل. باستخدام المقص (شكل ٥٧-١٣) وبهذه الطريقة تم تجميع النصف الأيمن للشكل ومرورا بنفس المراحل جمع النصف الأيسر.

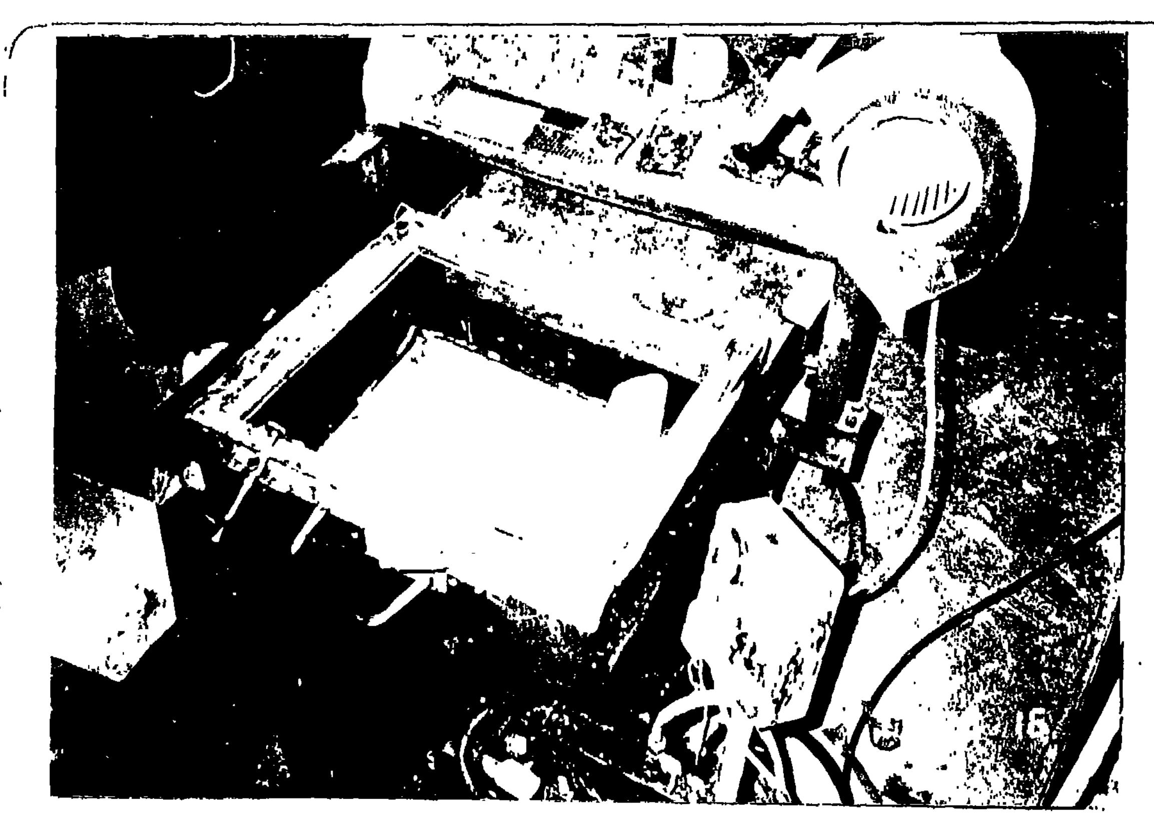
٥- عملية تثبيت الشكل على القاعدة، وقد حاول الباحث في هذه المرحلة إيجاد نوع من الحوار والتناغم بين نصفي الشكل الملتصقان على اللوح، وبين اللوح نفسه، محاولة إيجاد أكثر من دور للوح سواء كقاعدة تحمل العمل أو كجزء مكمل لا ينفصل عن العمل يحمل بعض صفاته، فاستخدم لوح الأكريليك بمقاس ١٢٠ × ١٦٠ سم وسمك ١٠ مم حيث بدأت المرحلة برسم الخط الخارجي لنصفي الشكل الأيمن والأيسر على جانبي اللوح



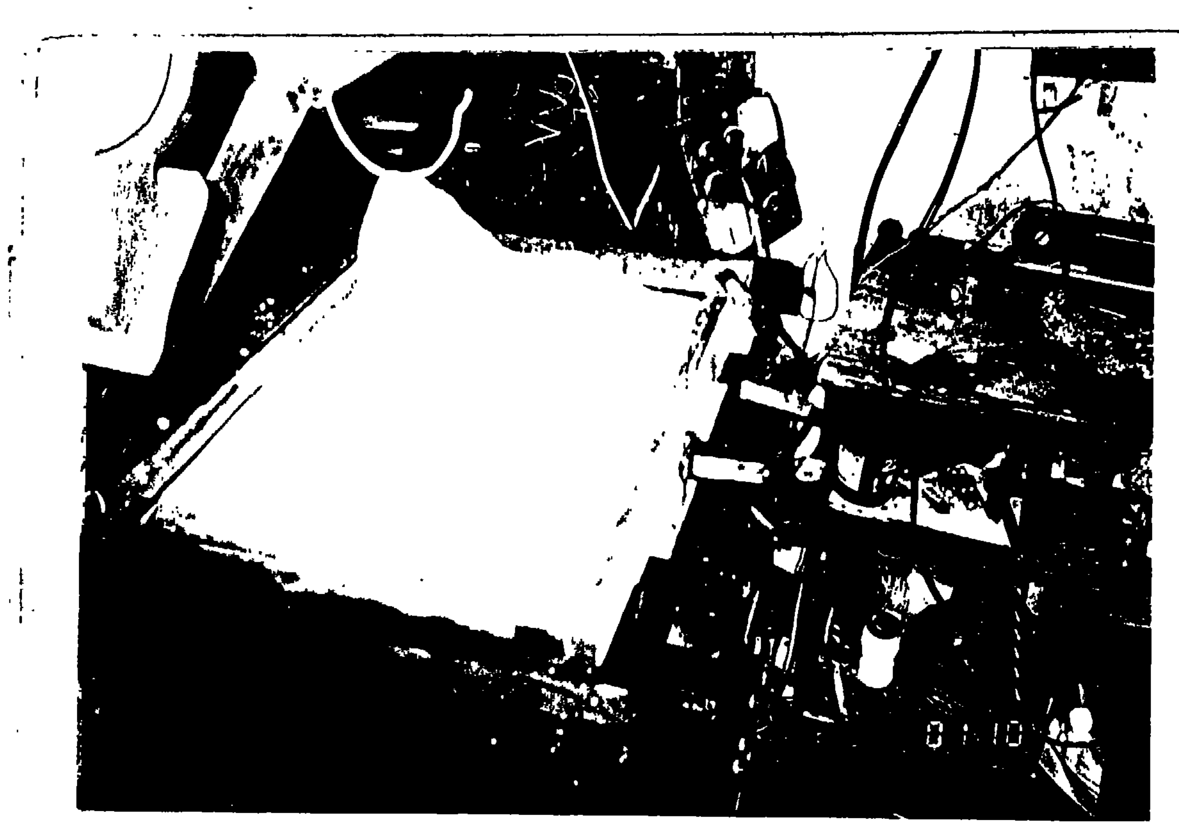
شكل (٧٥-٧) الثقب فى اللوح الخشبى المتحرك



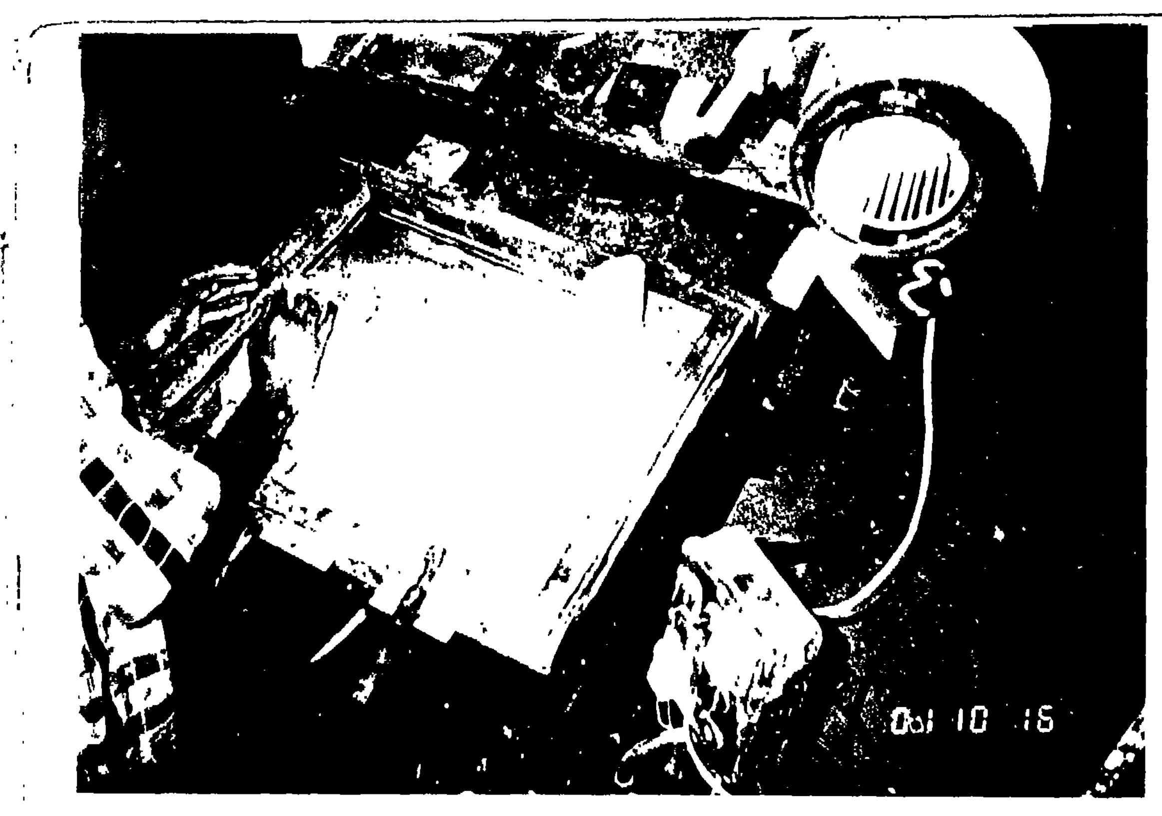
شكل (٧٥-٨) عمل ثقوب محيطه للنموذج الجبسى



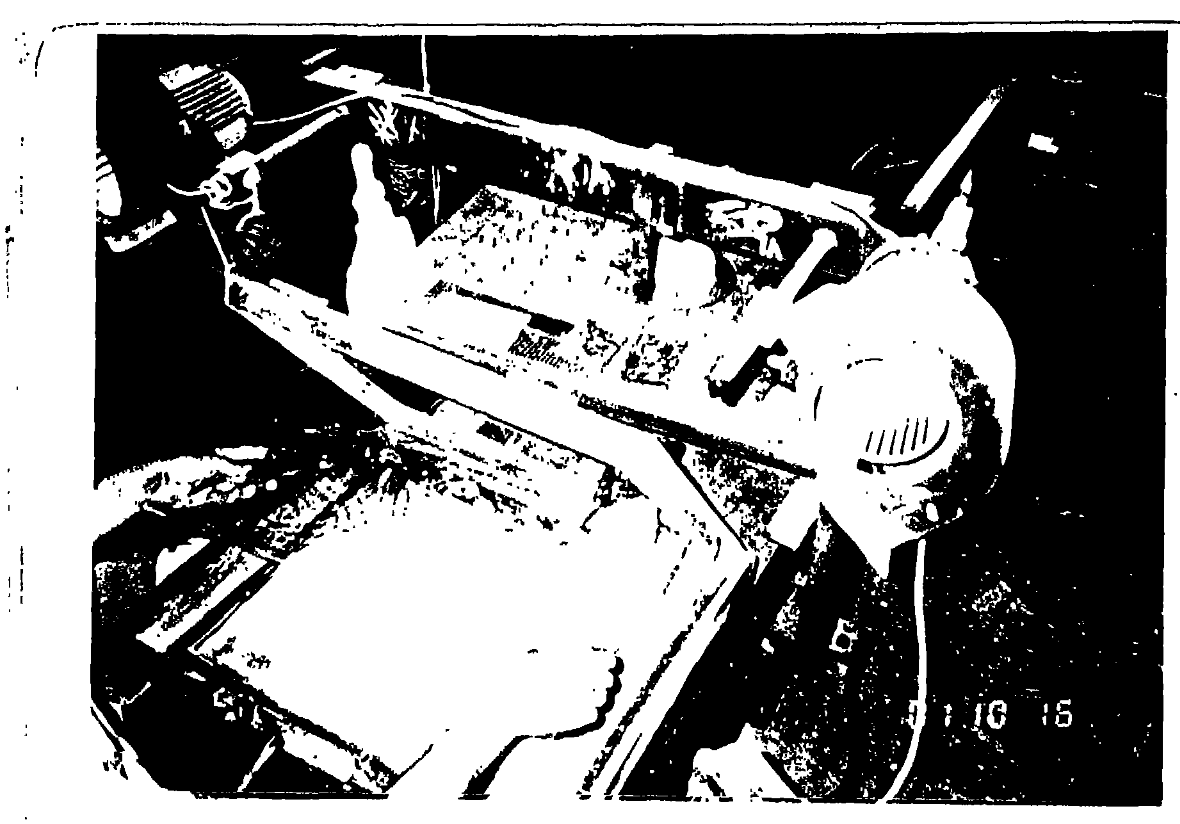
شكل (٧٥-٩) تحريك اللوح الخشبى فى اتجاه وحدة التسخين



شكل (٧٥-١٠) رفع اللوح الخشبى وتطبيعه على لوح الأكريليك



شكل (٧٥-١١) ضغط خفيف على اللوح لضمان التطبيع الكامل



شكل (٧٥-١٢) رفع اللوح من على النموذج



شكل (١٥-١٣) تهذيب الأجزاء الزائدة

باستخدام قلم دوكو وذلك لتحديد مكان لصق الشكل (شكل ٥٧-١٤). ثم تـم إزالـة الغـلاف البلاستيك المحافظ على لوح الأكريليك من منتصف اللوح مع عمل حز بطول اللوح فـي منطقة الثني. وتم استخدام لهب بورى لتسخين مكان الحز تسخينا منتظما لتجنب ظـهور الفقاعات الناتجة عن التسخين الزائد والتي بدورها تغير من شفافية اللوح في هذا الجـزء (شكل ٥٧-١٥). وبعد تمام عملية التسخين ولدونه اللوح في هذا الجزء تـم ثنيـه عنـد منطقة الحز (شكل ٥٧-١٦). وقد روعي السرعة في تبريد مكان الثني بالمـاء للحفـاظ على الشكل المطلوب (شكل ٥٧-١٧). واستكمالا لعملية الرسم المحدد لشكل الحصان، تم رسم بعض الخطوط الممثلة لشعر الحصان، ثم رسم بعـض الخطـوط الممثلـة لشـعر الحصان مباشرة على اللوح (شكل ٥٧-١٨). وتمت عمليـة التفريـغ لمنطقـة الشـعر باستخدام منشار كهربي (شكل ٥٧-١٩).

٦- بعد الانتهاء من عملية تجميع كلا من نصفي الحصان الأيمن والأيسـر وتجـهيز لـوح الأكريليك الحامل للعمل، وبعد إزالة طبقتي البلاستيك من على سطح اللوح، تم لصق النصفين بلاصق شفاف، وعمل ثقبين نافذين في الشكل واللوح عند منطقة الرأس والرقبة، حيث وضـع في كل منهما قضيب من النحاس بسمك ١٢ مم، وينتهي بصامولة قلاووظ عند طرفيه. وقـد روعي اختيار خامة النحاس لما تضفية الخامة من إحساس وتوافق لونى مع شـفافية خامـة الأكريليك، وضمانا لعملية تثبيت ناجحة حتى وصل الشكل إلى مرحلته النهائية.



شكل (٧٥-١٤) تحديد مكان اللصق



شكل (٧٥-١٥) استخدام لهب بورى لتسخين موضع الثنى



شكل (٧٥-١٦) ثنى اللوح عند منطقة الحز



شكل (٧٥-١٧) تبريد بالماء



شكل (٧٥-١٨) رسم خطوط على اللوح



شكل (٧٥-١٩) التفريغ باستخدام منشار كهربى

التجربة الثانية :

شكل (٥٨)

اسم العمل :- شكل بيضي

ارتفاع العمل :- ٨٠ سم

طريقة التشكيل : - بناء كتله مصمتة (طريقة التصفيح[*]) عن طريق تجميع ألواح الأكريليك وملء الفراغ المنفذ داخل الكتلة بسائل يحوى جسم متحرك من الأكريليك (جنين).

تعتمد التجربة على بناء كتلة شفافة مقاربة للشكل البيضي، تعكس الإحساس بالضوء حسب طبيعة المكان الموجودة فيه، وتنبض ضوئا داخليا ملونا يبعث فيها الحركة والحياة في محاولة للتمثيل الحقيقي للشكل البيضي والجنين. ويأتي الإحساس بالبناء من خلال استخدام طريقة التصفيح في التشكيل، وذلك بلصق الدوائر المستديرة غير المنتظمة السمك والقطر فوق بعضها البعض، ونشعر بالإحساس بالنبض الداخلي من خلال وجود سائل يتحرك بداخلة كتلة هلامية الشكل تحمل اللون الأصفر، وتحتوي على مجموعة من الخيوط الأكريليكية الحمراء المتعرجة لتعطي الإحساس بالشعيرات الدموية. وغلبه اللون الأصفر في هذا الجزء من العمل مع شفافية الأجزاء الأخرى، يعكس ضوئا ملونا، دون الحاجة لتسليط مصدر ضوئي مباشر.

ونظرا لثقل الكتلة وكبر حجمها، قام الباحث بتنفيذها على ثلاثة أجزاء متراكبة فوق بعضها، وذلك لسهولة عمليات التشكيل والصقل والتجميع (شكل ٥٨-١).

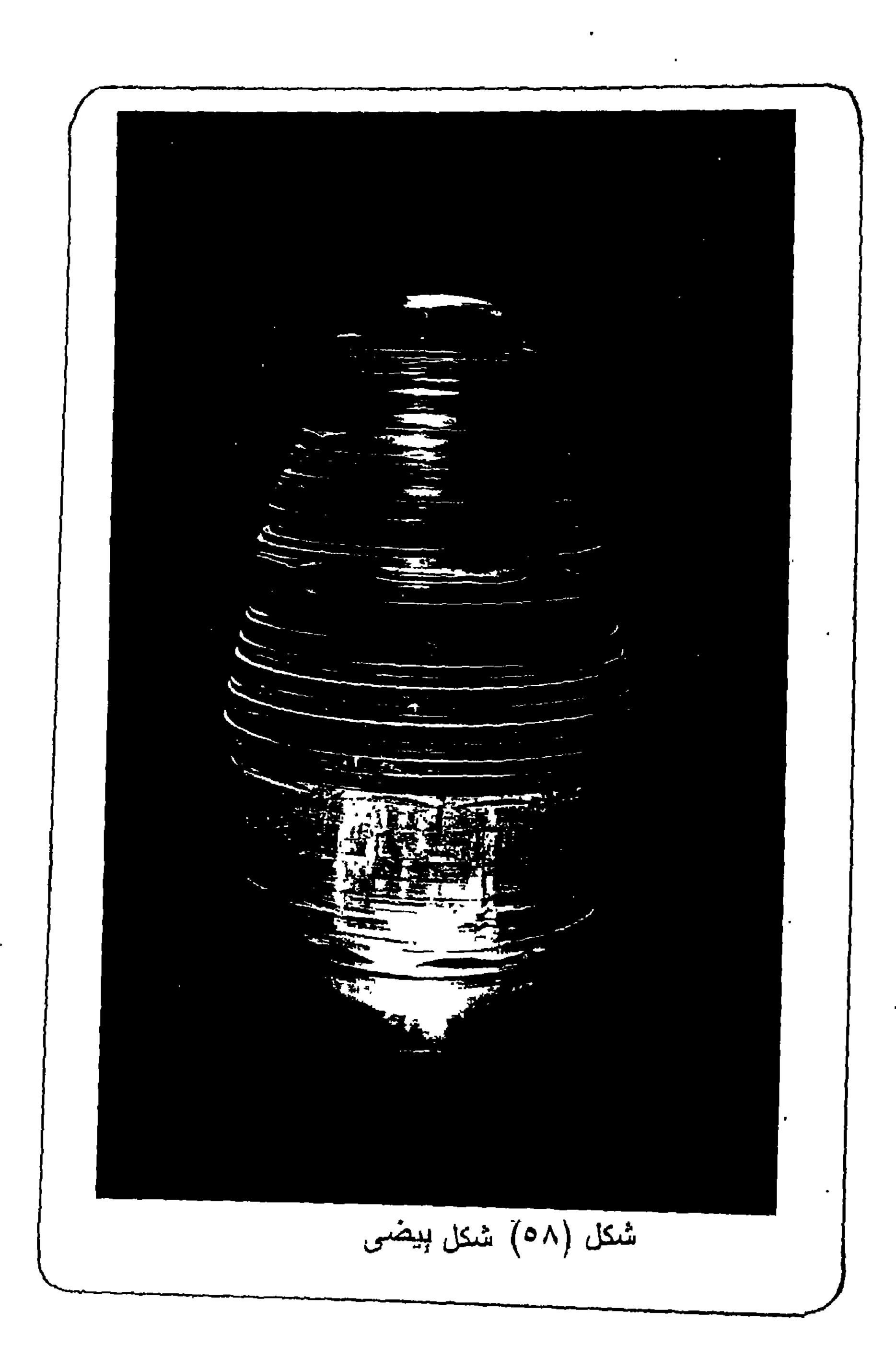
مراحل العمل

١-تم البدء في العمل برسم مجموعة من الدوائر متدرجة الأقطار من ١٥ سم إلى ٥٠ سم على لوح أكريليك، وذلك قبل إزالة الغلاف البلاستيك المغطى به لوح الأكريليك، مع نشر الدوائر باستخدام منشار المنضدة الدائري (شكل ٥٨-٢)

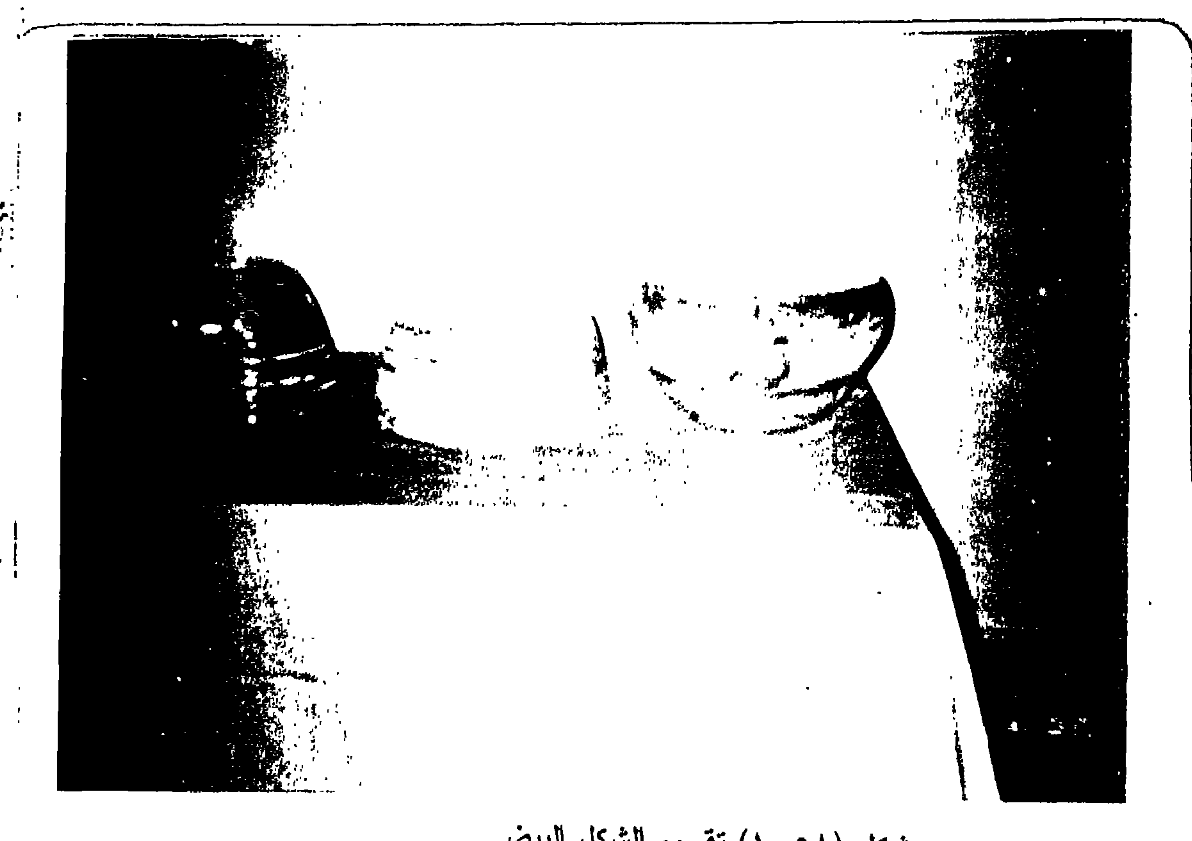
٢- قام الباحث بترتيب الدوائر على ثلاث مجموعات، تحوى المجموعة الأولى (الجزء السفلي من الشكل البيضي) دوائر أقطارها من ١٥ : ٥٠ سم، وباستخدام المثقاب الكهربي لعمل تفريغ وسط كل دائرة بقطر ١٠ سم، وذلك في الدوائر ذات الأقطار من ٢٠ إلى ٤٥ بغرض إيجاد فراغ أسطواني الشكل بقطر ١٠ سم وارتفاع ١٥ سم عند التجميع (شكل ٥٨-٣).

---

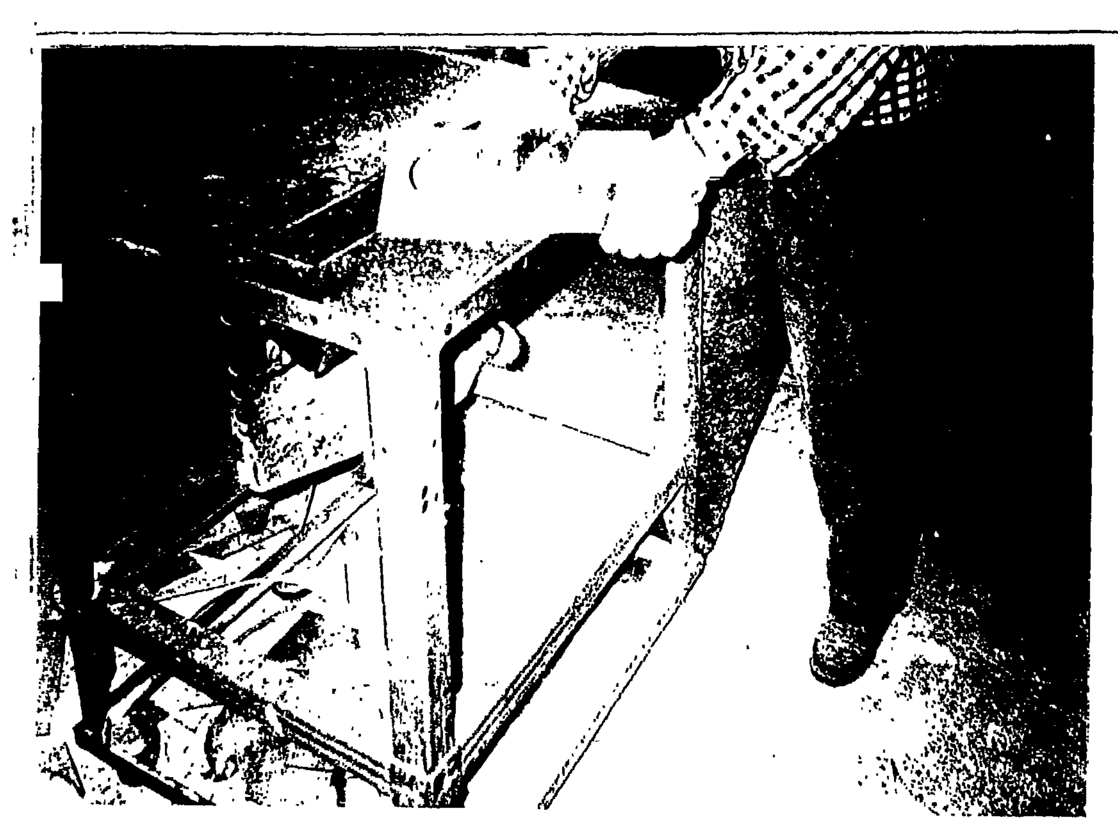
[*] تم التعرض لشرح طريقة التصفيح بالباب الثانى



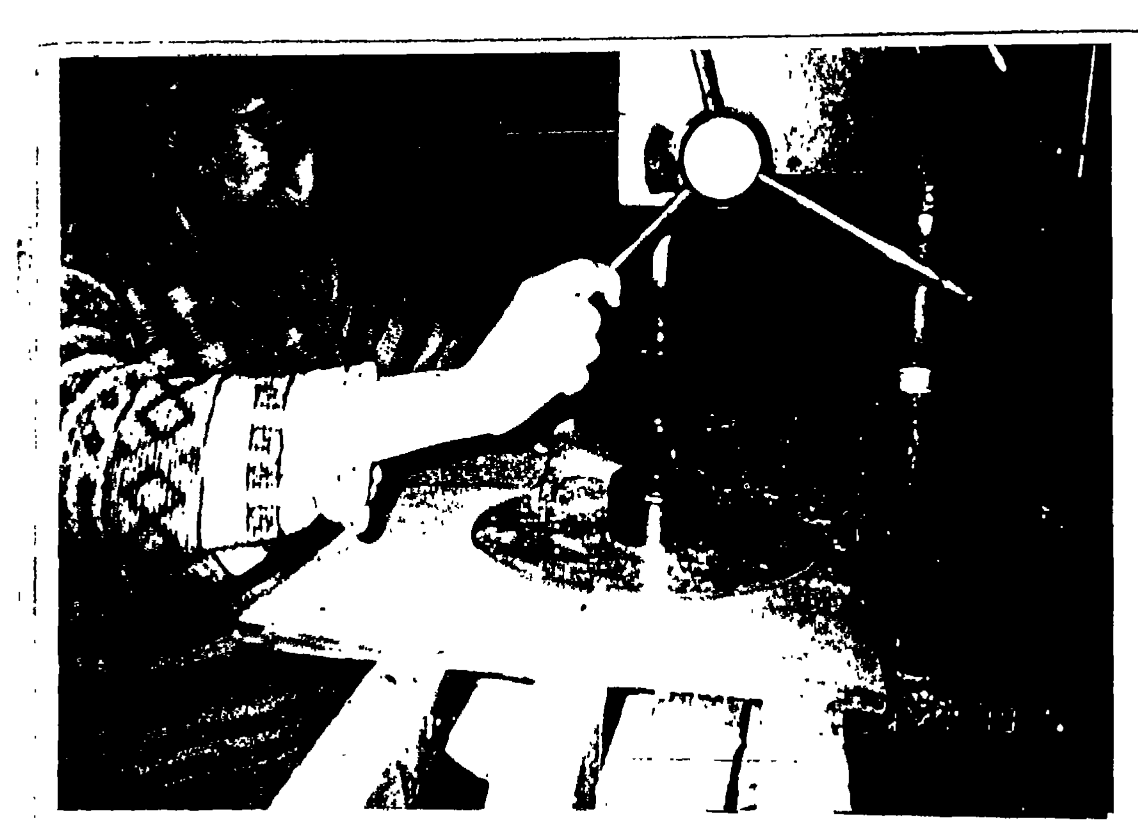
شكل (٥٨) شكل بيضى



شكل (٥٨-١) تقسيم الشكل البيضى



شكل (٥٨-٢) نشر الدوائر باستخدام منشار المنضدة الدائرى



شكل (٥٨-٣) عمل تفريغ دائرى باستخدام المثقاب الكهربى

٣- وبعد الانتهاء من عملية تفريغ الدوائر تم إزالة الغلاف البلاستيك من سطح الدوائر للإعداد لعملية اللصق، ثم تم البدء بلصق الدوائر غير المفرغة لتجهيز قاعدة الشكل البيضي، تبع ذلك لصق الدوائر المفرغة، وذلك بلصقها حسب موقعها بوضع كمية مناسبة من المذيب (شكل ٥٨-٤) مع مراعاة تبليل الأطراف بمذيب الكلوروفورم لضمان التوزيع المتجانس على أسطح الدوائر. مع الأخذ في الاعتبار السرعة أثناء اللصق حيث أن مادة الكلوروفورم لا تستغرق أكثر من ثلاث ثوان لتجف، ومراعاة تطابق الدوائر بشكل كامل دون حدوث أى فقاقيع هواء ناتجة عن حركة الدوائر بعد لصقها (شكل٥٨-٥).

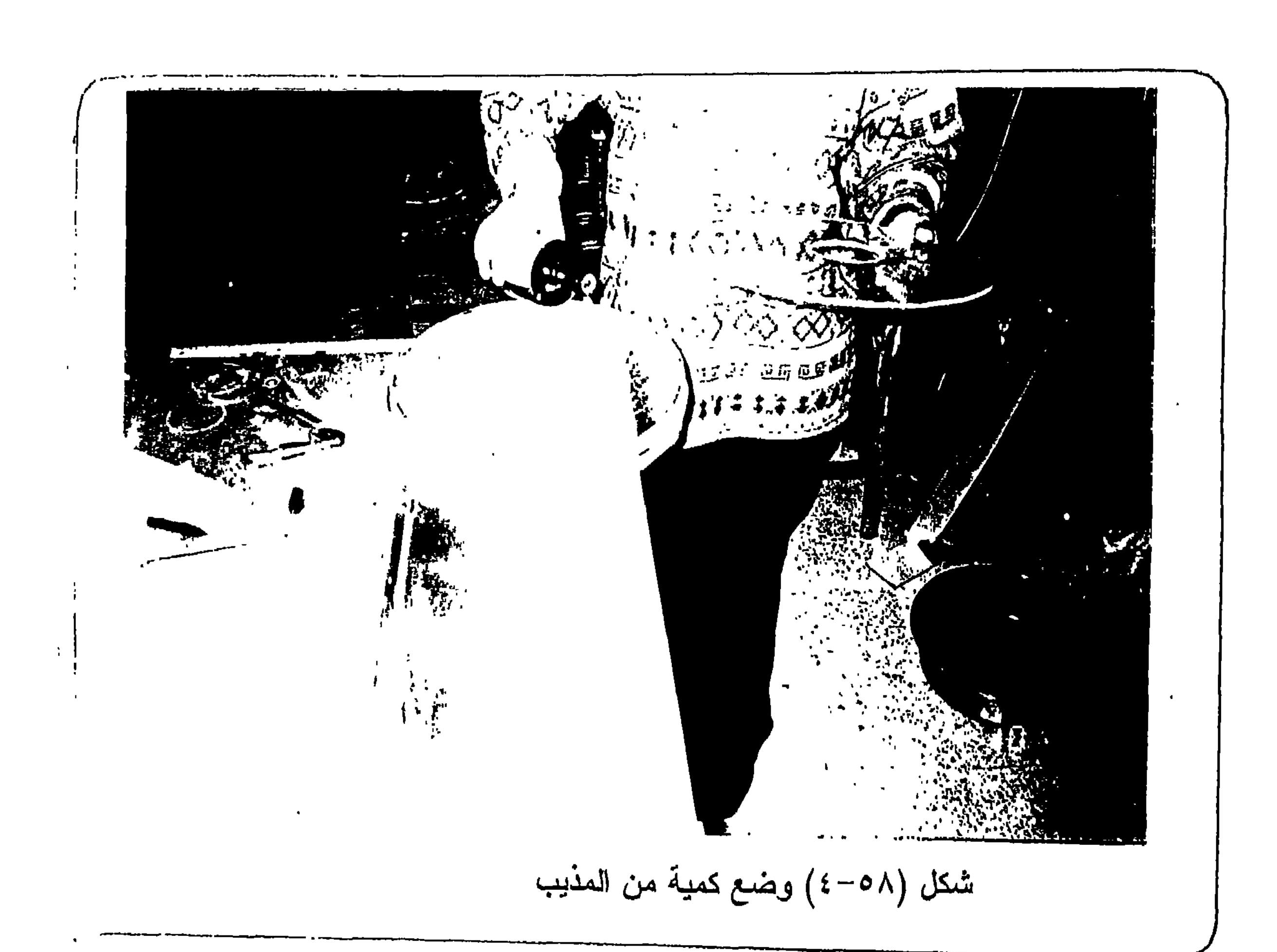
٤- باستخدام أدوات نحت الخشب، تم أحداث ملمس غير منتظم لحواف الدوائر المفرغة داخل الكتله المجمعة (شكل ٥٨-٦).

٥- بعد الانتهاء من تجميع الجزء الأول بدأت مرحلة الإنهاء للسطح الخارجي باستخدام ماكينة الجلخ المثبتة على منضده بتحريك الشكل بانتظام (شكل ٥٨-٧). وبعد الانتهاء من عملية الجلخ، وضعت كتله كروية الشكل من الأكريليك الأصفر تحوى بعض الثقوب مثبت فيها خيوط حلزونية حمراء بسمك ٢ مم من الأكريليك ثم تمت عملية حقن الفراغ بزيت أصفر ليعطى ضوءا أصفر وليساعد على حركة الكتلة الكروية داخل الفراغ. ثم لصقت دائرة غير مفرغة لإغلاق الفراغ ولعدم تسرب الزيت (شكل ٥٨-٨).

٦- وبنفس الطريقة تم تجميع الجزء الثاني والثالث من الكتلة وإن اختلفا في عدم وجود فراغ بداخلهما (شكل ٥٨-٩).

٧- وبعد اكتمال أجزاء الشكل وتسوية كل جزء على حده بماكينة الجلخ ، استخدمت المبارد اليدوية ثم البراشه لإزالة الخدوش الناتجة من تأثير عمليات الجلخ والبرد. تتبع ذلك عملية الصقل باستخدام صنفرة دوكو تبدء من درجات ٤٠٠ حتى ١٠٠٠ للحصول على أفضل النتائج.

٨- ووصولا لمرحلة الصقل النهائي باستخدام فرشاة التلميع، وقبل البدء وعند تشغيل الموتور، تم مراعاة وضع القالب الأبيض (الجماطة) على الفرشاة لمدة بسيطة أثناء دورانها، حيث يساعد ذلك على تنظيف الفرشاة، ويساعد على عدم حدوث تسخين زائد للخامة أثناء التلميع، مع ملاحظة أن تكون قوة دفع اليد للخامة على الفرشاة متوسطة لأن الضغط الشديد يحدث حرارة عالية نتيجة الاحتكاك مما ينتج عنه تغير لون الخامة إلى اللون المائل للأبيض مما يستوجب صنفرتها ثم تعريضها للتلميع مرة أخرى، وقد يظل الأثر موجودا رغم ذلك.



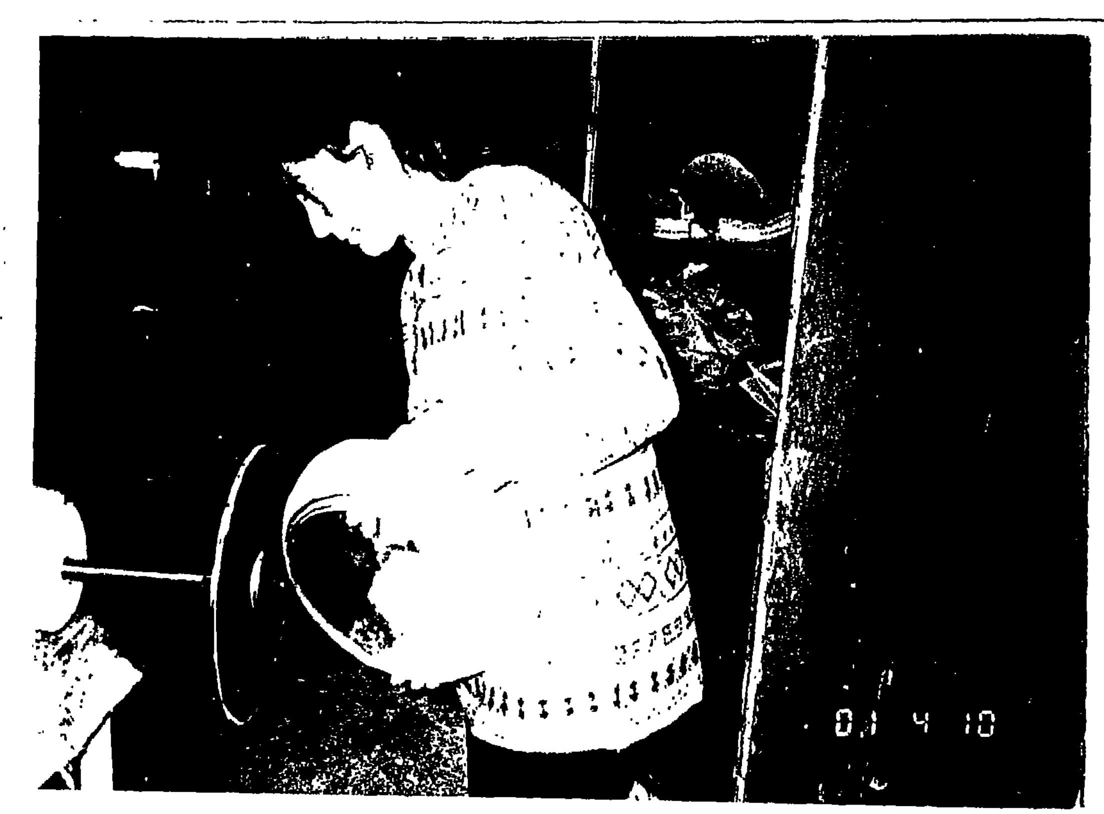
شكل (٥٨-٤) وضع كمية من المذيب



شكل (٥٨-٥) لصق الدوائر



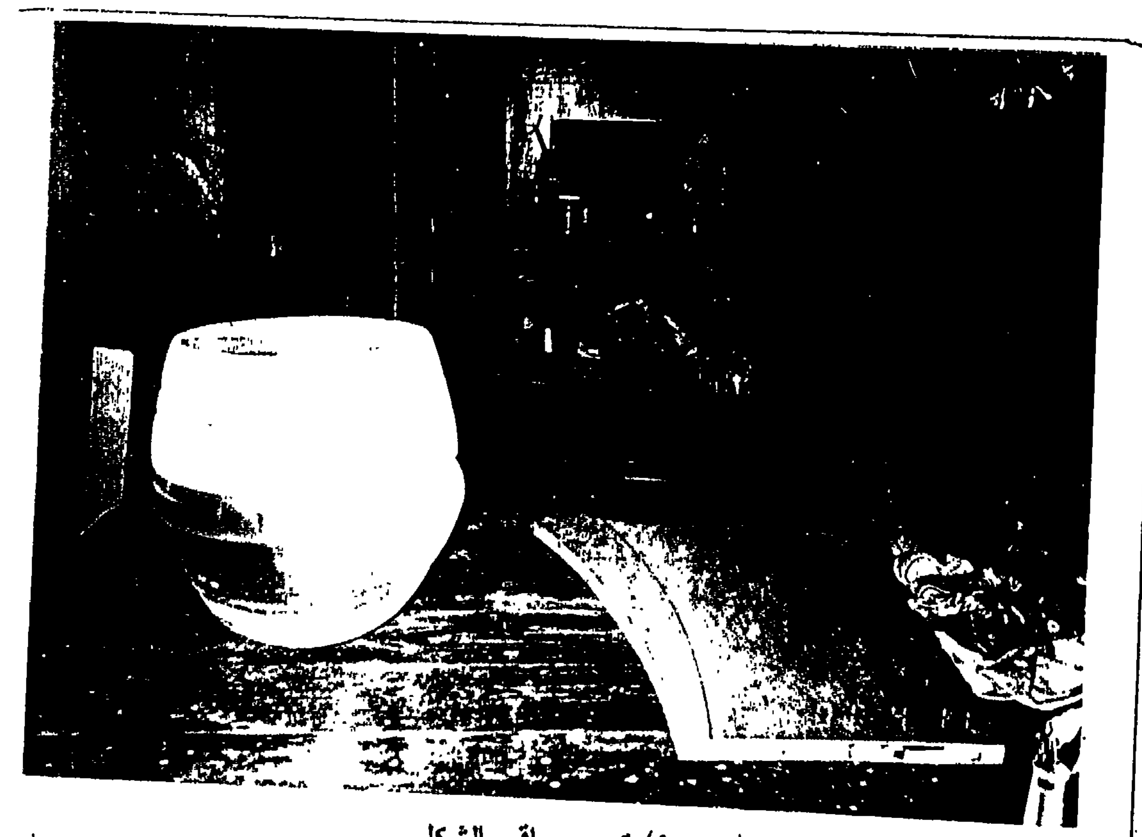
شكل (٥٨-٦) أحداث ملمس غير منتظم داخل الفراغ الداخلى



شكل (٥٨-٧) عملية الجلخ



شكل (٨-٥٨) حقن الفراغ الداخلى



شكل (٥٨-٩) تجميع باقى الشكل

التجربة الثالثة

شكل (٥٩)

اسم العمل : – وجهان

الارتفاع : – ٣٠ سم

العرض : – ٤٠ سم

طريقة التشكيل : نحت في كتلة مجمعه من ألواح الأكريليك

مراحل العمل

١- رسمت مجموعة من الدوائر متدرجة الأقطار تبدأ من ١٥ سم حتى ٣٠ سم على لوح من الأكريليك الشفاف وتم نشرها باستخدام المنشار الدائري.

٢- تم إزالة طبقة البلاستيك المغلفة للأكريليك من جانبي الدوائر.

٣- لصقت الدوائر حسب تدرجها في القطر من الأصغر إلى الأكبر بأستخدام مذيب كلوروفورم حتى تم تجميع الشكل المخروطي المراد التشكيل فيه.

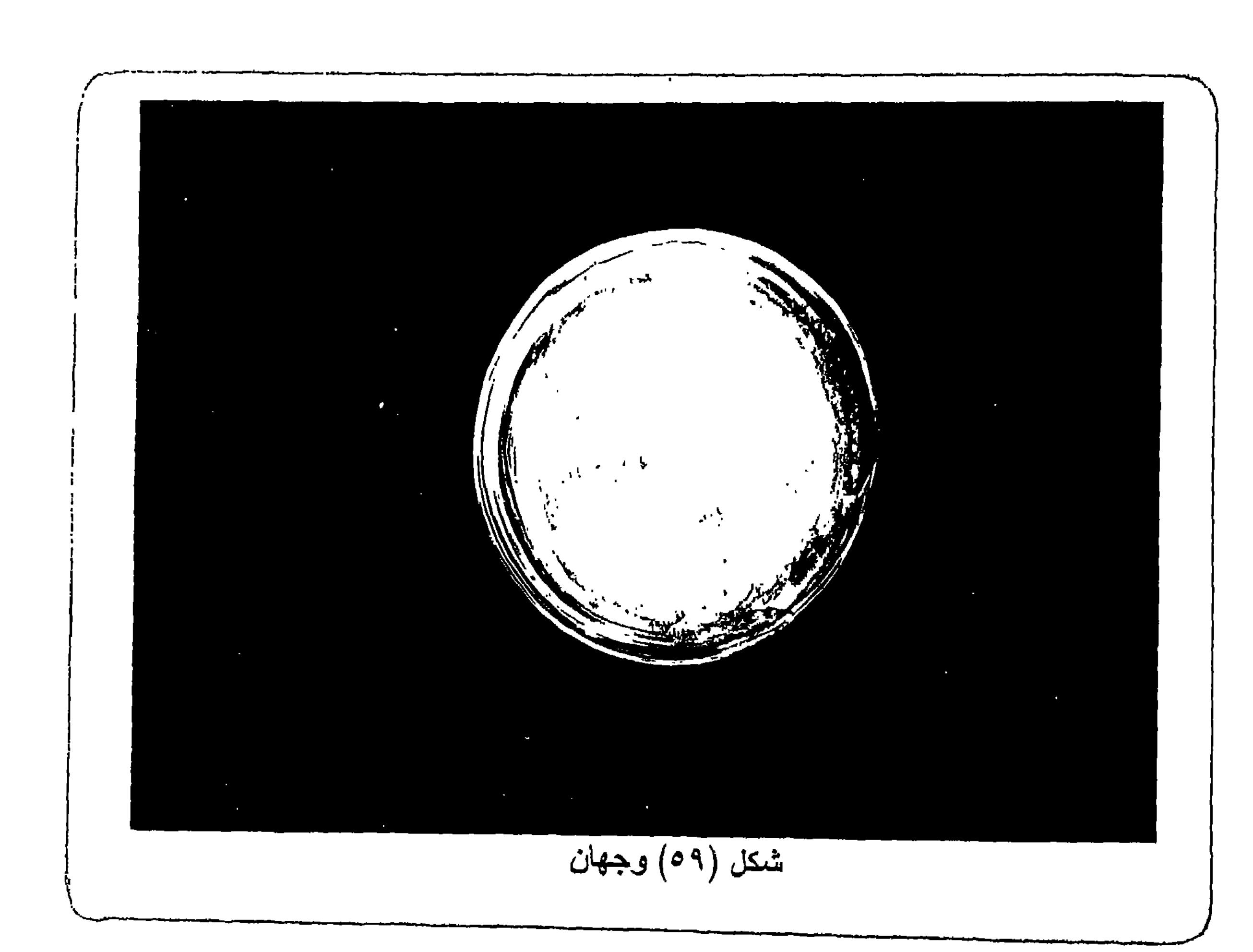
٤- قام الباحث برسم وجهان متقابلان متراكبان أحداهما في وضع أمامي والآخر في وضع جانبي على قاعدة المخروط، ثم تم نحت الوجهان باستخدام أدوات نحت الخشب لتهيئة الشكل مبدئيا. ثم استخدمت مكواة اللحام لدراسة التفاصيل الصغيرة. وترك الباحث تأثير الملامس الناتجة عن استخدام أدوات الخشب في بعض أجزاء من الوجهين والبعض الآخر يحمل تأثير مكواه اللحام.

٥- قام الباحث بتغطيه جميع أجزاء الشكل بورق لاصق عدا الجزء المشكل به الوجهان (قاعدة المخروط).

٦- وعرض هذا الجزء غير المغطي لمسدس الرملة لإحداث تأثير مختلف في الملمس واللون عن باقي سطح الكتلة.

٧- تم إزالة الورق اللاصق، ثم مرت الأسطح الباقية بمراحل الصقل والتلميع.

٨- ثبت العمل على قاعدة من الأكريليك الشفاف مزوده بقاعدة أخرى أسفلها من الخشب تحوي مصدرا ضوئيا ملونا.



شكل (٥٩) وجهان

التجربة الرابعة

شكل (٦٠)

اسم العمل : العروسة

الارتفاع : ٥٠ سم.

العرض : ٤٠ سم.

طريقة التشكيل : نحت بارز على لوح اكريليك مشكل حراريا.

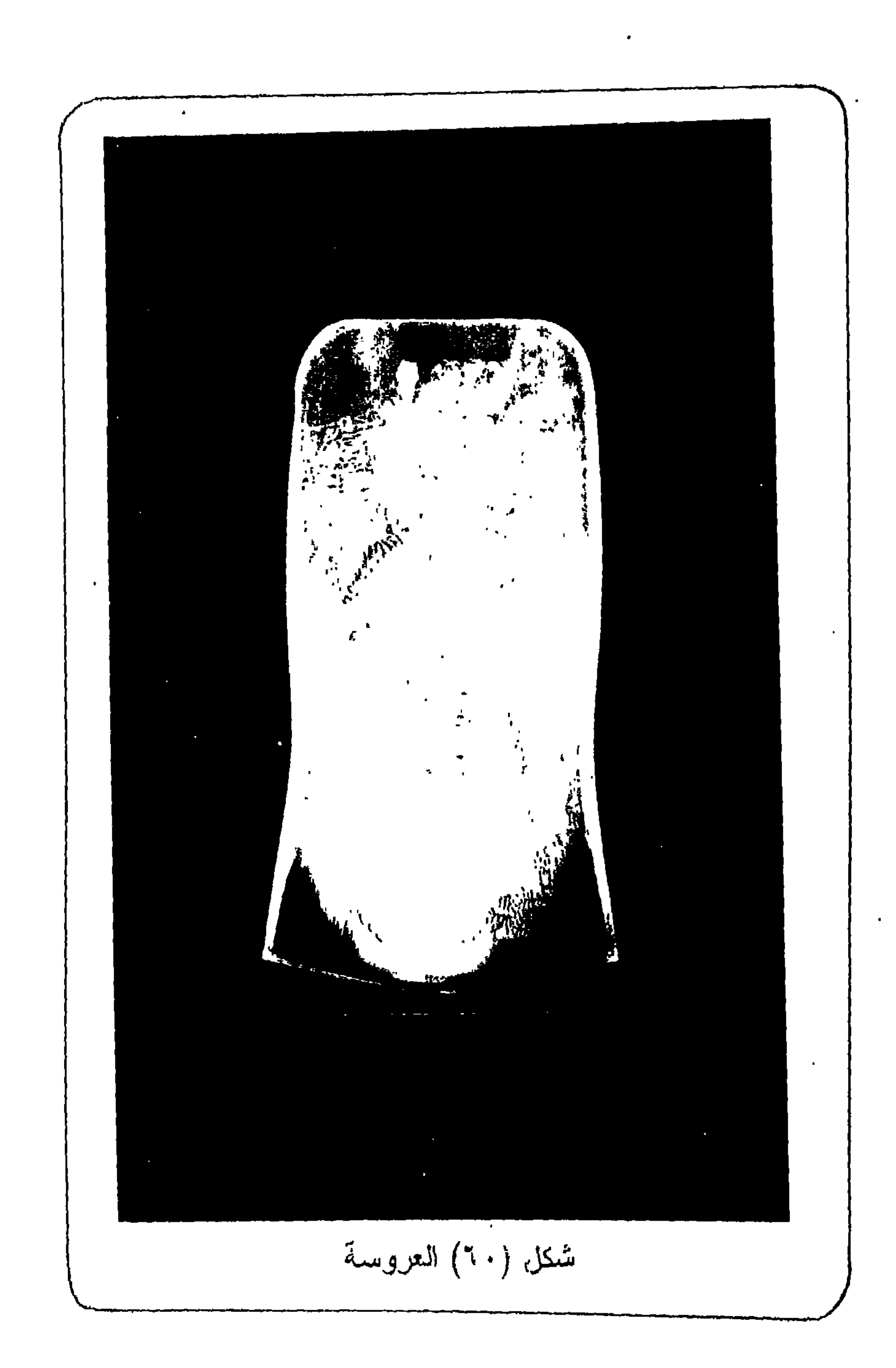
مراحل العمل

١-تم تجهيز لوح الأكريليك بسمك ٢ سم، ورسم عليه التصميم.

٢- تم حفر التصميم باستخدام مكواة اللحام، بشكل سلبي من الناحية الأمامية للوح بحيث يظهر مجسما من الناحية الخلفية وكأنه مدفون داخل كتلة شفافة.

٣-عولج اللوح حراريا باستخدام فرن كهربي، وذلك لثنيه حسب الشكل المطلوب لإتاحة تعدد زوايا الرؤية في أكثر من جهة اعتمادا على شفافية الخامة.

٤- أجرى الباحث معالجة للمساحة الخلفية الشكل العروسة على لوح الأكريليك باستخدام الصنفرة ، وذلك لإحداث تباين بين شفافية العروسة والنصف شفاف الناتج عن عملية الصنفرة للمساحة المحيطة للعروسة، وحتى يحدث التباين عند استخدام مصدر ضوئي مباشر مسلط من قاعدة العمل.



شكل (٦٠) العروسة

التجربة الخامسة

شكل (٦١)

اسم العمل : الديك

الارتفاع : ٥٠ سم

العرض : ٣٥ سم

طريقة التشكيل : صب الأكريليك

مراحل العمل

١- تجهيز بوليمر الأكريليك

تمت المعالجة الكيميائية لتجهيز بوليمر الأكريليك ببلمرة المونمر جزئيا في وجود أكسيد فوقي عند ٩٠°م إلى جانب إضافة المواد الملدنة ومضادات الأشعة فوق البنفسجية فنتج عن الخلط سائل شرابي القوام يحتوي على ٢٠% من وزنه بوليمر.

٢- إعداد القالب

قام الباحث بإعداد القالب مكون من قطعتين: الأولى لوح مشكل من النحاس المطروق بالتصميم المراد تنفيذه والقطعة الثانية لوح من الزجاج مطابق لأبعاد لوح النحاس، ويفصل بين جزئي القالب جوانات من المطاط.

٣- عملية الصب

تم صب السائل المجهز في قالب التشكيل، مع رفع درجة حرارته تدريجيا إلى ٤٠°م، ثم إلى ٩٥ °م لإتمام عملية البلمرة ثم فتح القالب ورفع الشكل المسبوك.



شكل (٦١) الديك

التجربة السادسة

شكل (٦٢)

اسم العمل : طيور

الارتفاع : ٥٠ سم

العرض : ٤٠ سم

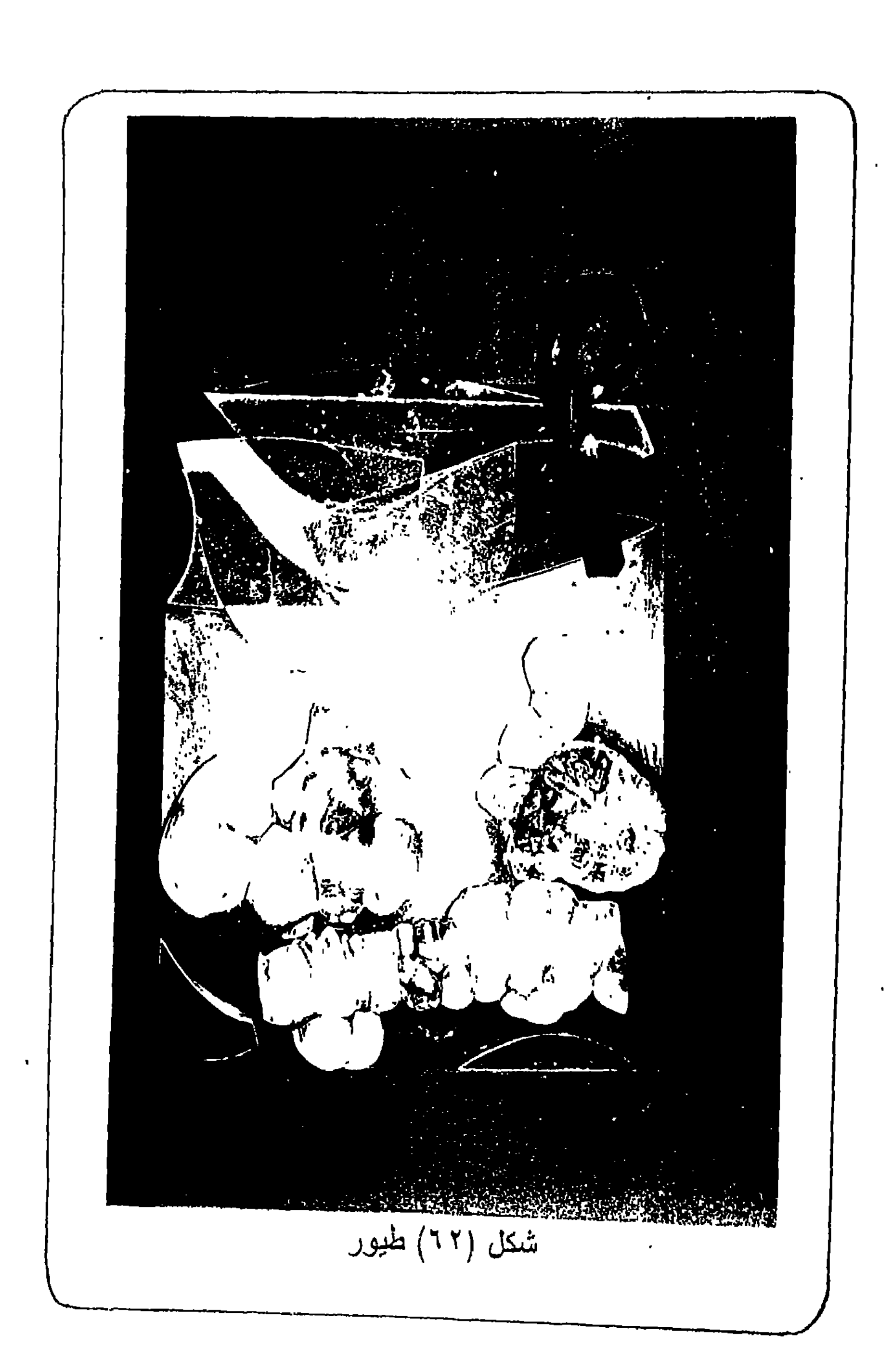
طريقة التشكيل : عمل نحت بارز مجمع من مجموعة كتل وألواح من الأكريليك.

مراحل العمل

١- أعدت لوحة من الأكريليك الأسود بسمك ١ سم ومجموعة من كتل الأكريليك الشفاف عشوائية الشكل ومجموعة من الواح الأكريليك الشفافة مختلفة في السمك.

٢- بعد إجراء العديد من المحاولات لتوزيع العناصر بما يحقق رؤية تشكيلية لطائران يتحاوران فوق جذع شجرة.

٣- تمت عملية اللصق باستخدام مذيب كلوروفورم حتى أكتمل الشكل وتحددت ملامحه وتم تصويره.



شكل (٦٢) طيور

التجربة السابعة

شكل (٦٣)

اسم العمل : البساط

الارتفاع : ٣٠ سم.

العرض : ٢٠سم.

طريقة التشكيل : نحت بارز في لوح من الأكريليك.

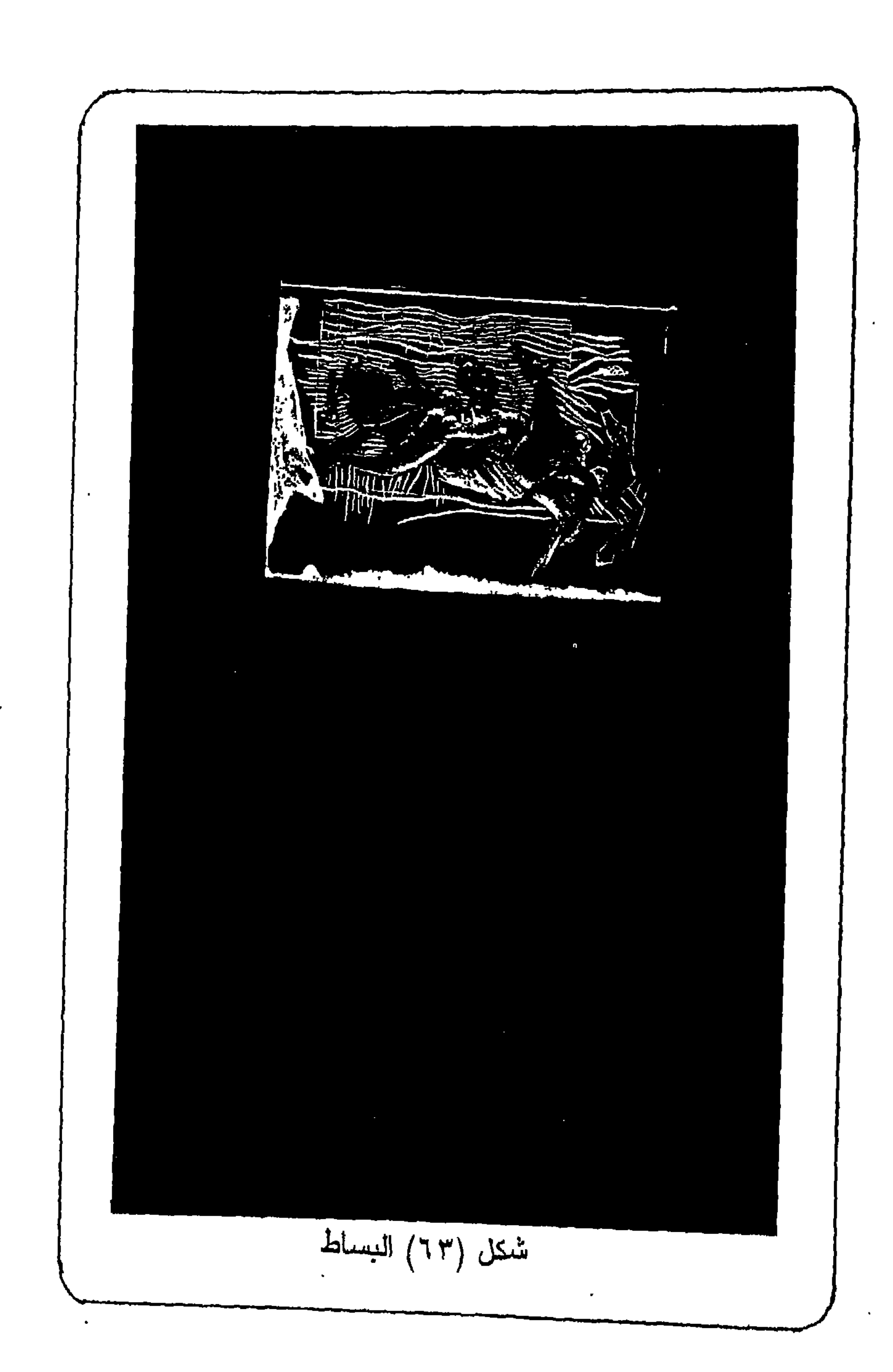
مراحل العمل

١- اعد لوح الأكريليك بسمك ٥ سم، وتم رسم التصميم عليه.

٢- بدأت عملية الحفر باستخدام أدوات نحت الخشب.

٣- تمت عملية صنفرة وتلميع أسطح القطعة، ولصق ورق مصنوع من النيكل على الجوانب الثلاثة المحيطة بالقطعة وذلك لتجميع الضوء وانعكاسه على الخطوط الغائرة المحفورة في التصميم لعدم نفاذيته للخارج من خلال الجوانب الثلاثة.

٤- ثبت العمل على قاعدة شفافة من الأكريليك مزودة بقاعدة أخرى أسفلها من الخشب تحوى مصدرا ضوئيا ملونا. حيث ظهر الشكل المحفور مضاءا ومتلألئا في الفراغ.



شكل (٦٣) البساط

خلاصة البحث

من خلال هذا العرض لخامة الأكريليك، واثرها على تنوع أساليب الأداء في العمل النحتي، والرجوع إلى المصادر والمراجع العلمية، ومن خلال التجربة العلمية يتضح لنا أن خامة الأكريليك أثبتت صلاحيتها للتشكيل النحتي لما تحققه من خصائص وقيم تشكيلية متميزة. فلقد تناول كثير من الفنانين هذه الخصائص بالتجريب، ونتجت عن تجاربهم أعمالا فنية شهيرة ومرموقة في فن النحت.

وقد تناول البحث كافة أنواع التشكيل ووسائله ابتداء بعملية الصب – التشكيل الحراري – وسائل التجميع – النحت المباشر وصولا إلى عمليات الإنهاء والتشطيب.
وقد أثمرت التجارب الخاصة بهذا البحث عده نتائج أهمها

١ – نتائج متعلقة بالخصائص الطبيعية الخامة بالأكريليك

- تتميز خامة الأكريليك بخفة الوزن والصلابة والمقاومة ومقاومة الرطوبة في التشكيلات النحتية بقياسها بمواد النحت التقليدية كالبرونز والأحجار والأخشاب
- صالحيتها للغرض الخارجي محدودة قياسا بالخامات الأخرى، فهي تصلح للعرض في الداخل وذلك حيث أنها تتأثر بالأشعة فوق البنفسجية، وأيضا لسهولة خدش سطحها تأثرا بعوامل الجوالخارجية (الأتربة).

٢ – نتائج متعلقة بأساليب التشكيل

يتضح من خلال البحث إن لكل أسلوب في التشكيل خصائصه المتميزة، حيث ينبغى الإفادة من تنوع وتعدد أساليب التشكيل بما يتيحه كل أسلوب من مميزات وإمكانيات معينة إلا أنه ليست هناك طريقة مثلى لاتباعها في عملية التشكيل، بل لكل أسلوب منهجه تبعا لطبيعة الشكل.

- **التشكيل بالتصفيح**

التشكيل بطريقة التصفيح (تجميع كتلة مصمته من الواح الإكريلــك) أتــاحت للبــاحث إمكانية التحكم في حجم ولون درجة شفافية كتلته النحتية المنفذة بخامة الأكريليك.

- **التشكيل بالتسخين**

من خلال التجربة يتضح للباحث أثناء عملية التشكيل الحراري بطريقة تفريغ الهواء إنـــه كلما قل سمك لوح الأكريليك المشكل كلما وضحت التفاصيل بصورة أدق.

- **التشكيل بالتجميع**

أ- استخدام مذيب (ميثيل ميثاكريلات) يعطى أحسن النتائج البصريـــة عنــد لصــق ألــواح الأكريليك الشفافة (فهولا يحدث الفقاقيع الهوائية التـــي تتواجــد عنــد اســتخدام مذيــب الكلوروفوم).

ب- إمكانية الجمع بين خامة الأكريليك وخامات أخرى للحصول على عمــل نحتــي متعــدد الخامات.

- **الصب**

صب بوليمر الأكريليك يتطلب تجهيز معملى خاص يصعب تحقيقه في مرســـم الفنــان، وللحصول على أفضل النتائج البصرية للقطعة النحتية المسبوكة بخامـــة الأكريليـــك يفضــل استخدام قوالب من الزجاج.

- **الإنهاء والتشطيب**

تتباين النتائج البصرية للعمل النحتى حسب تنوع وسائل الإنهاء والتشطيب والتي تــم تجريبها على النحو التالي (البرد – التلميع والصقل – الصنفره – وكذلك تأثير الملامس الناتجة عن استخدام أدوات النحت ومكواة اللحام). -

٣- نتائج متعلقة بشفافية الخامة

- تعتبر خامة الأكريليك أكثر اللدائن تحقيقا لعنصر الشفافية في العمل النحتي.

- تتيح شفافية خامة الأكريليك للنحات إمكانية إحداث فراغ داخلي خلال عمله النحتي وحقنه بسوائل قد تكون ملونه حيث يمكن رؤيتها من السطح الخارجي محققـــا أبعـــادا تشـــكيلية جديدة.
- تحقق شفافية خامة الأكريليك إمكانية متنوعة في النحت البارز على لوح الأكريليك، وذلك سواء بالطريقة التقليدية للنحت البارز (بنحت المساحة المحيطة للتصميم المرســـوم مـــن خلال لوح من الأكريليك ليبدوبارزا على السطح الأمامي أوعن طريقة عمل نحت غـــائر من الناحية الخلفية للعمل حيث يظهر التصميم مجسما من الناحية الأمامية) اعتمادا علـــى فاعلية الضوء ودرجة الشفافية.

٤- نتائج متعلقة باستخدام الإضاءة

- تم استخدام الضوء لتحقيق تأثيرات لونية متنوعة في العمل النحتي المنفذ بخامة الأكريليك.
- إمكانية التحكم بصورة مباشرة في تنويع الأجزاء المضائة في العمل النحتي دون الأجـزاء الأخرى.

قائمة المراجع

1- El Demerdash, A. Said – "Plastic Technology" in Arabic "تكنولوجيا البلاستيك" – Dar El Kateb El Araby – Cairo –Pages 7, 18, 37, 40,81-91.

2- Ress, David – "Creative Plastics" - Published by Studio Vista- London – Pages 8, 11 – 14, 18-24, 31, 32, 79 - 1973.

3- Barsily. H, Kernz. F.A. - "Plastic in the service of man" in Arabic "البلاستيك في خدمة الإنســان" – Translate Yousef Moustafa El Harony and Others – El Shark Liberety in Fagala – Pages 9, 13, 15, 18, 30, 77, 79, 91, 113, 217.

4- Charles A. Harper – "Hand book of Plastics and Elastomers" - Mc graw/Hill book company - New York – Pages 4-9.

5- Sherif, El Said Abd El Meged – "Plastic, Rubber and Artificial Fiber in our New Life" in Arabic "البلاستيك والمطاط والألياف الصناعية في حياتنا المعــاصرة" – El Ahram Center for Translation and Publish – First Edition – Pages 66, 48 - 1999

6- L. Richardson, Terry – "Industrial Plastics; Theory and Application" Second edition - Delmar Publishers Inc – Pages 7, 13, 15, 24, 77-58, 124.

7- E. Driver, Walter – "Plastics Chemistry and Technology" - Van Nostrand Reinhold company - New York- Pages 20, 22, 30, 39, 45, 63.

8- El Ashram, Aly – "Plastic and Technology Properties" - In Arabic "اللدائن وخواصــها التكنولوجيــة" - Dar El Rateb El Arabyy – Pages 7, 100-102, 121.

9- "Modern Plastics Encyclopedia" – Pages 15 - 1982.

10- J. Mattiello, Joseph – "Protective and Decorative Coatings" - New York- volume 1 – Pages 477.

11- J. Patton, William – "Plastics Technology Theory, Design ; and Manufacture" - Reston publishing company, INC – Pages 35, 40, 47.

12-. http://www.plasticsusa.com/pmma.htm.

13- http://www.ecomplastics.com/ecomplastics/physpropofax.html.

14- R.J. Craw Ford – "Plastics Engineering" - Peryamon Press – Pages 164, 263, 286-298- 1981.

15- Roukes, Nicholas – "Sculpture In Plastics" Watson, Guptill Pub. – New York – Pages 71-79, 86-1987.

16- Mills, John. "The Technique of casting for sculpture" - The Bath Press - for the publishers. B.T. Batsbord. Ltd. M11 – Pages 12, 31, 61, 238, 239.

17- D. Beadle, John – "Macmillan Engineering Evaluations Student Edition". The Macmillan Press Ltd - London and Basigtoke - Pages 28, 68- 1972.

18- M. Hammacher, A – L, "Evolution De La Sculpture Modern" – Editions Cercle D'Art Paris – New York - Pages 226 - 1971.

19- J. Harry Dubois and Frederick W. John – "Plastics" - Van Nostrand rein Hoold company – Pages 151, 241, 245.

20- Jan Butter Field-"The Art of the light + space" – Page 31, 239, 263, 292- 1993.

21- Cathine Sease A Conse X Vation Mation – "Manual for the field Archeologist" – Pages 164.

22-. Falangan, Gorg –"About Modern Art" In Arabic "حول الفن الحديث"- Translate Kamal El Malah – Dar El Maaref in Egypt – Pages 75, 76 – 1962.

23- Schodek, Daniel – "Structure in Sculpture" -Massachusetts institute of Technology - Pages 182 - 1993.

24- Tucker, William – "The Language of Sculpture" - Thames and Hudson Ltd, London – Pages 133, 134 - 1981.

25- A, Nash, Steven and Merkert, Jorn – "Naum Gabo" – Neues Publishing Company – New York – Pages 9, 78, 117 – 1987 .

26- Abd EL Wahab Shokry – "Theatre Lightening" – In Arabic "الإضاءة المسـرحية" - The Egyptian General book authority – Pages 178 – 180 - 1988.

27- Watson, Lee – "Lighting Design Hand book McGraw" - Hill, Inc – Pages 62, 63, 64.

28- A.M. Hammacher – "Modern Sculpture Tradition and Innovation"- Harry N. Abrams, INC., Publishers, New York - Pages 37. 274, 277- 1989.

29- Jan Butter Field- "The Art of Light + Space" - Pages 88, 195-199- 1993.

30- Gelan Scoon, Robert – "Principles of design" - In Arabic "أسس التصميم" - Dar El Nahda Misr – Pages 45.

31- R. Newman, Thelma – "Plastics as an Art form" - Philadelphia by Chilton company – Pages 31, 47-51.

32- Zenham, Mohamed – "The Technology of the Art of Glass" In Arabic "تكنولوجيا فن الزجـــاج" - The Egyptian General book authority - Pages 42-1995.

ملخص الرسالة

تلعب الخامة دوراً محورياً فى علاقتها بالعملية الإبداعية فى مجال التشكيل النحتـــى، فالخامة هى الوسيط المادى الذى به ومن خلاله يتم التعبير والتشكيل بكافة أنواع طرق التنفيـذ المتاحة لكلاً منها، ومن خلالها يتم تجسيد واستشعار القيم والمعايير الفنية والجمالية، ومن ثـم فدراسة الخامة تعتبر أساساً حيوياً نقف من خلاله على مدى تقدم الفكر التشكيلى فنياً وإبداعيـاً لذلك جاء موضوع البحث (الإمكانات التشكيلية لخامة الأكريليك فى فن النحت) كـــى يحقـق جانباً علمياً، وتشكيلياً، وتجريبياً فى هذا المجال.

وقسم البحث خلال العرض إلى أربعة أبواب وهى كما يلى:

١-الباب الأول: خامة الأكريليك.

٢-الباب الثانى: أساليب التشكيل بخامة الأكريليك.

٣-الباب الثالث: المعطيات التشكيلية لخامة الأكريليك.

٤-الباب الرابع: تطبيقات عملية.

وفيما يلى عرضاً موجزاً لما تناولته أبواب البحث.

فيتضمن الباب الأول تمهيد عن ماهية البلاستيك وتقسيم المواد البلاستيكية بشكل عـام طبقاً لخواصها الحرارية والتعريف بخامة الأكريليـــك، وصـــور تواجدهـا، واســتخداماتها، الخواص البنائية والكيمائية لخامة الأكريليك وأثرها على سلوك الخامــة مــن حيــث الهيئــة البلورية، نسبة امتصاص الرطوبة، طرق البلمرة المختلفة التى من أهمها البلمرة الكتلية أكـثر الطرق استخداماً فى صناعة الألواح والقضبان، إلى جانب تأثير المذيبات على الخامة.

ويعرض الخواص الفيزيائية لخامة الأكريليك من خلال دراسة الخواص الحرارية من حيث مقاومة للحرارة – الموصلية الحرارية – الحرارة النوعية – معامل التمدد الحـــرارى – القابلية للاشتعال – معامل الانصهار – نقطة التحول الزجاجى كذلك الخـــواص الميكانيكيـة وتشمل تأثير الصدمة – الاستجابة أو الخضوع – الشروخ الناتجة عن الضغـوط – مقاومـة الشد – الصلابة – معامل المرونة – المتانة بالإضافة إلى الخواص البصرية حيث قسمت فيما

يتعلق بالضوء إلى شفافية– نصف شفافية – معتمة، واستنادا إلى الجانب العلمى تناول الباحث معاملات الانكسار ونسبة الشفافية لبعض أنواع من البلاستيك الشفاف، وقد اختـــص الجـزء الأخير بدراسة تأثير العوامل الجوية، التى تنتج عن مجموعات من المؤثرات البيئية وتشـــمل الأشعة فوق البنفسيجية، والتغيرات الجوية وما تحدثها من تأثير على الخامة.

ويعرض الباحث فى الباب الثانى استخدام العدد والأدوات الأداء فى عمليات التشـكيل المباشر بخامة الأكريليك وتقنيات الأداء أثناء عمليات الثقب – النشر – الخرط – النقـــرو – التفريز – القطع – البرد – اللفح بالرمال.

ثم يتناول دورة التشكيل الحرارى لألواح الأكريليك التى تتمثل فى عمليتيـن الأولـى طرق تسخين الألواح، أما العملية الثانية تتضمن تصنيفات رئيسية للتشكيل الحــرارى بعـدة تنويعات فى نطاق كل تصنيف وهى تشمل – التشكيل بالضغط – التشكيل باستخدام القوالـب المتوائمة تم التناول مع شرح مفصل لمميزات كل طريقة واستخداماتها.

ثم يتناول البحث عرضا شاملا لعمليات الصب المختلفة بعد تقسيمها من حيث صـورة المادة الخام التى يتم تشكيلها إلى عملية تشكيل مادة خام فى الحالة المتعجنة وعمليات التشـكيل فى الحالة السائلة وكيفية صب ألواح الأكريليك.

ثم تناول الطرق التى يمكن استخدامها لإتمام عملية التجميع وأكثرها شيوعا، الربـــط عن طريق اللصق. والربط عن طريق اللحام بأنواعه المختلفة، وبعد الانتهاء مـــن عــرض وتحليل الأساليب التشكيلية لخامة الأكريليك وضحت فى الجزء الأخير الطرق المتبعة لإنـــهاء العمل النحتى المنفذ بالخامة وهى تشمل عمليات الصنفرة ثم الصقل ثم التلميع وصـــول إلـى مرحلة التنظيف النهائية للحصول على سطح ناعم ولامع.

وبعد انتهاء الباب الثانى نكون قد استعرضنا طبيعة خامة الأكريليك وخواصها وأساليب التشكيل والتجميع والأنهاء والتشطيب فيها ونأتى بعد ذلك بالباب الثالث وهو يبحث فى الرؤية التشكيلية للضوء فى المدرسة البنائية حيث أتاحت خواص هذه الخامة مجالا للتجريب وتحقيق قيمة للفراغ الحقيقى، واستخدام الضوء الحقيقى.

وتناول عرضاً شاملاً بتعريف الضوء وتألفاته وكيفية التحكم فيها والحركة فى التشكيل الضوئى وأنواعها ثم ينتقل البحث للتعرض للتشكيل بالضوء من خلال خامة الإكريليك والتى قسمت الإضاءة خلالها إلى نوعين النوع الأول الإضاءة الحافية والنوع الثانى إضاءة النقوش الغائرة، وقام الباحث بعرض أمثلة من أعمال فنانين اعتمدوا على إستغلال الخواص الضوئية لخامة الإكريليك فى أعمالهم.

ثم تناول الباحث بالشرح المواد الملونة المستخدمة فى صناعة ألواح الأكريليك وخواصها البصرية ثم طرق تلوين العمل النحتى المنفذ بخامة الأكريليك، ووسائل التلوين بالضوء والتلوين بالمواد الصبغية أمثلة لأعمال نحتية ملونة منفذة بالخامة.

وعرف الباحث مفهوم الشفافية وكيفية انتقال الضوء داخل المواد الشفافة، والشبه شفافة بالإضافة إلى استخدام الفنانين للخامات الشفافة، القيم الجمالية التى تصنيفها الشفافية على الأعمال النحتية، وذلك من خلال عرض لبعض أمثلة من الأعمال النحتية الشفافة المنفذة بخامة الأكريليك.

وفى الباب الأخير وبعد الانتهاء من العرض والتحليل للدراسات الخاصة للخامة من خلال الأبواب الثلاثة السابقة، وجدت أنه من المفيد لاستكمال هذه الدراسة التعرض لبعض أعمال نحتية لفنانين معاصريين منفذة خلال خامة الأكريليك من الناحية التقنية، فقد حاول الباحث اجتهاداً التعامل مع هذه الخامة من خلال بعض التجارب العملية مرفقاً بالصور لخطوات النحت والتشكيل قدر ما أمكن وما زالت إمكانيات هذه الخامة التشكيلية تسمح بالمزيد من التجريب لإبراز معالجات ثرية وتجارب تتسم بالخصوصية وتحتمل رموزاً تضيف أبعاداً جديدة لإمكانيات التعبير لهذه الخامة هذا بالإضافة إلى خصوصية التجربة النحتية التى يمكن أن يكتشفها النحات عند استخدام هذه الخامة الثرية.

وأسأل الله التوفيق فى هذا الجهد المتواضع

The third chapter of this research gives a complete account of the definition of light and its glittering, the different methods of controlling it, and also the use of light to make forms and shapes through the use of Acrylic. In this field, the research mentions two kinds of illuminating: a-illuminating the edges of any sculptural work, b- illuminating the engraved ornaments.

Through the third chapter of this research we have been able to know something about the colouring materials which are followed in colouring any sculptural work carried out by means of Acrylic. The researcher in this chapter gives different example of coloured sculptural works carried out by means of Acrylic.

This research gives a good account of the meaning and concept of transparency. In explains how light penetrates through transparent and semitransparent materials; and why artists make use of transparent materials. In fact transparency adds a great deal to the aesthetic values of any artistic work carried out by means of Acrylic.

In the last chapter of this research, and after tracing and analysing the studies connected with Acrylic, the researcher found it useful to give examples of some sculptural works carried out by some contemporary artists. Who used Acrylic in their artistic sculptural works.

The researcher has tried to use Acrylic through some Practical experiments, and has shown by means of pictures and photos the steps which she followed in the field of sculpture and formation. Through the researcher's experiments on Acrylic, she found out that the formative capabilities of Acrylic can encourage artists to practices more experiments, which may add new spheres of expression through the use of Acrylic.

After that, the chapter deals with the cycle of thermal formation of Acrylic sheets, beginning with the methods of heating the sheets and then the formation or the shaping of them by means of pressure or through pouring the material into moulds.

The research deals with the different ways of pouring Acrylic into moulds which are carried out according to the shape of the raw material which has been formed weather it may be in the liquid state or in the pase state.

The research has also dealt with the methods which can be used to completed the process of assembling the sheets, and the process of connecting them throug sticking or welding.

After discussing and analysing the methods of shaping and forming Acrylic, the last part of the second chapter has dealt with the methods of finishing the sculptural work which is achieved by using Acrylic as a medium. These methods include the process of abrasion and polishing to achieve a smooth.

After discussing the nature and properties of Acrylic in the first two chapters of this research, we find out that the third chapter deals with the possibilities which can be achieved and realized through the use of Acrylic.

That is because the properties if Acrylic have enabled artists to go through a vast field of experimentation. Artists through they practiced on Acrylic, have become aware of the value of real space and have been able to use real light.

and the percentage of moisture absorption existed in this material; the most common methods of manufacturing sheets and rods made of Acrylic. The research in this chapter also mentions the effect of different solvents on Acrylic. In the first chapter also we can find an account of the physical properties of Acrylic through a study made to show the thermal properties of this material and its resistance to heat and weather it is a good or bad conductor of heat.

In the first chapter also the research deals with the mechnical properties of Acrylic, which include: the effect of shocks; the cracks resulting from pressure the durability of this material and its flexibility.

Form the point of view of optical properties and capacities Acrylic is divided into three kinds; transparent, semi transparent, and opaque.

Scientifically, the research has dicussed the idea concerning fraction of light, and the percentage of transparency of some kinds of plastic.

The last part of the first chapter has been devoted to show the effect of weathering factors resulting from a number of environmental effects including ultra-violet radiations, and weather changes.

The second chapter of this research deals with the usage of tools and equipment in the processes of direct formation of Acrylic; its drilling, its sawing its framing and its cutting.

SUMMARY

The material plays an important part in its relation with the creative operation connected with the art of sculpture. The raw material is the medium with which and through which any expression or formation is carried out. Through the material also all the aesthetic and artistic values and estimates can be embodied and appreciated. Therefore the study of the material is considered a vital part with which we can trace the development achieved in the field or formation artistically and creatively.

This research entitled "Plastic possibilities of Acrylic in sculpture" is intended to give a scientific and plastic study in this field.

The research is divided into four chapters which are as follows:

1- Chapter one: The material of Acrylic.
2- Chapter two: The methods of forming Acrylic.
3- Chapter three: The given capabilities of Acrylic.
4- chapter four: Practical application.

The following is a brief account of what has been dealt with in the chapters of this research:

The first chapter deals with what plastic is, and dividing plastic materials according to their thermal properties. This chapter also deals with the definition of Acrylic; the forms of its existence; its uses; its shaping and chemical properties and the effect of these properties on the behaviour of this material from the point of view of its crystalline state,

